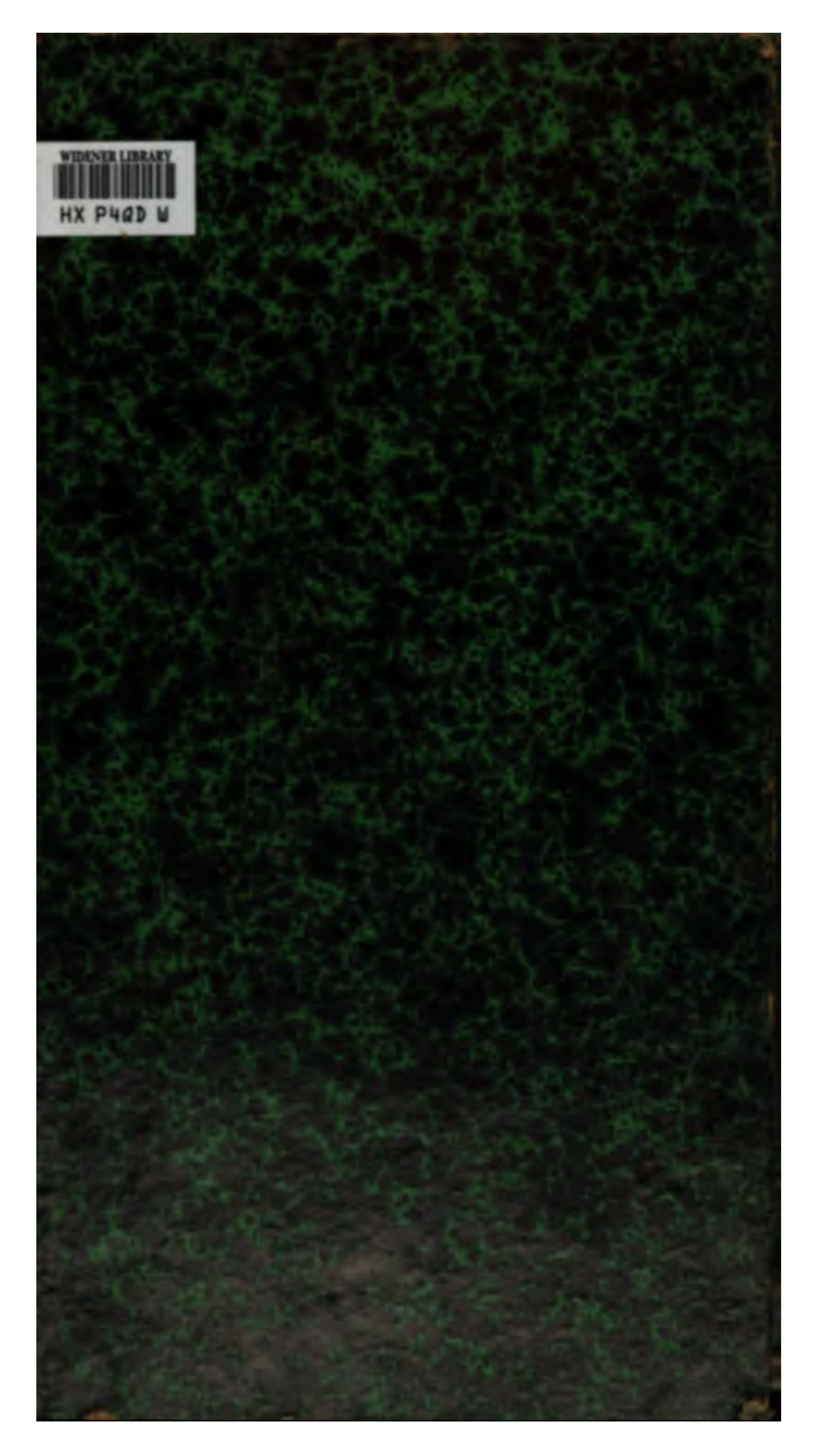
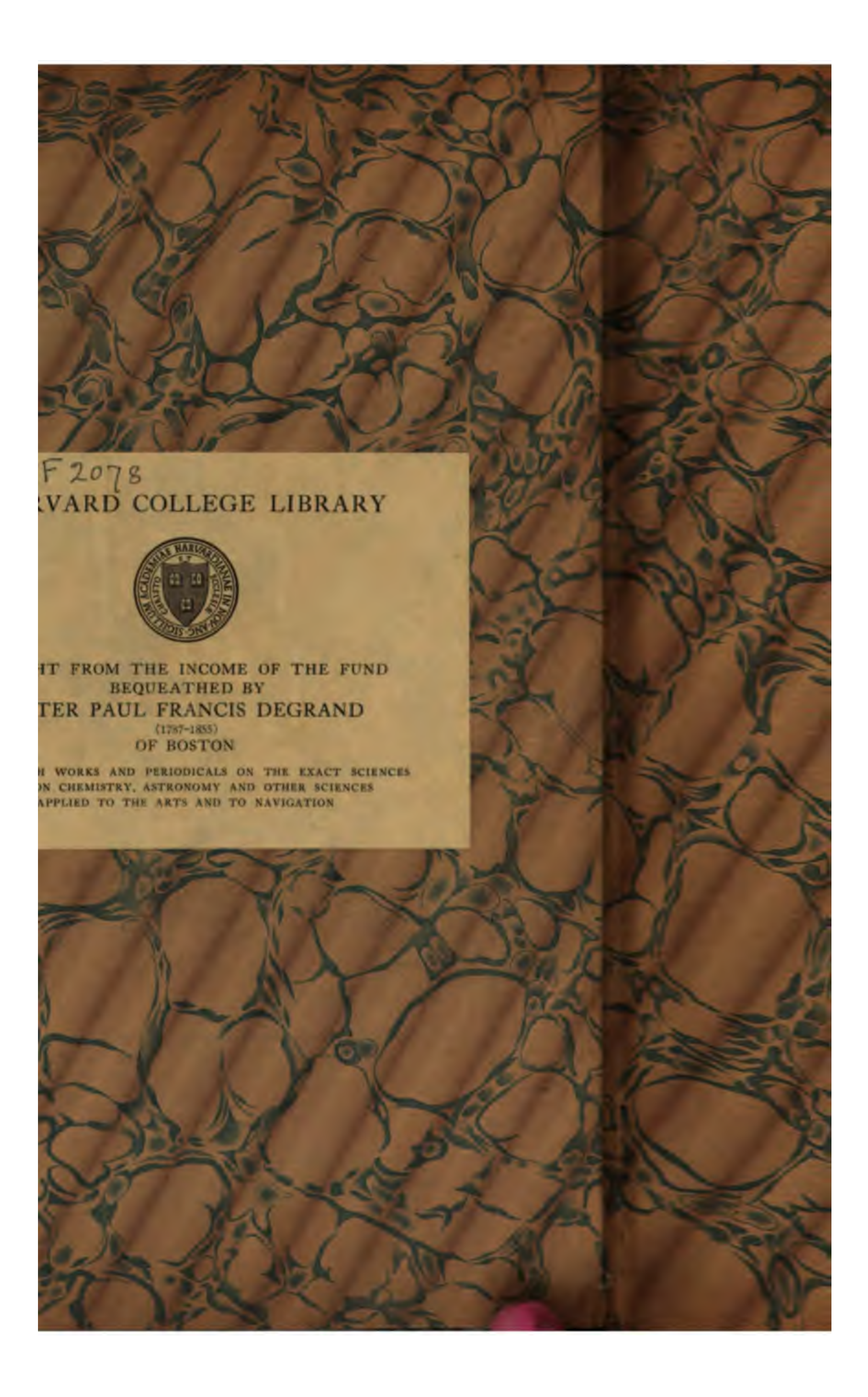

WIDENER LIBRARY
HX P4QD W



F 2078
RVARD COLLEGE LIBRARY
IT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
TER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON
I WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1890

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1890

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1890


HARVARD COLLEGE
FEB 16 1922
LIBRARY

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1890

N° 1

[illegible] des séances du mois de janvier 1890 :

[illegible] des membres du Bureau et du Comité, discours de MM. G. [illegible] et A. Contamin. Séance du 3 janvier, page 4.

[illegible] : MM. A. Meyer, E.-A. Chameroy, A. Provoux, V.-E. Guet [illegible] Ryer, G. Hirn, A. Durenne, S. Gotendorf et M. Gerest. Séances des 3 et 17 janvier, pages 28 et 30.

[illegible] et nominations. Séances des 3 et 17 janvier, pages 29 [illegible]

[illegible] provenant de l'emprunt de 75 000 francs. Séances des 3 et 17 janvier, pages 29 et 31.

[illegible]graphie du régime hydraulique de la Seine, lettre de M. de C[illegible]. Séance du 3 janvier, page 30.

Médaille commémorative de la participation du Mexique à l'Exposition de 1889, offerte à la Société par la Commission Mexicaine. Séance du 3 janvier, page 30.

Les Travaux du Congrès international de mécanique appliquée, par M. L. [illegible]. Séance du 17 janvier, page 31.

Le chemin de fer glissant à propulsion hydraulique de L.-D. Girard, par M. A. Barre. Séance du 17 janvier, page 34.

Pendant le mois de janvier, la Société a reçu :

31379 — De M. Depérais (M. de la S.). *Primo risultato ottenuto dall' uso del cloruro di alluminio e proposta di nuovi rimedii contro la peronospora della vite*, par Dr O. Comes et C. Depérais. In-4° de 8 pages. Naples, 1889.

31380 — De M. Daniel Ammen. *American Isthmian canal routes*. In-8° de 33 pages. Philadelphia, 1889.

31381 — De M. P. Pignant (M. de la S.). *Principes d'assainissement des habitations des villes et de la banlieue*. 4e fascicule. Dijon. Darantière, 1889.

31382 — De M. J. Barral. *Histoire populaire des soixante-douze savants de la Tour Eiffel*. In-12 de 146 pages. Paris. Mersch. 1890.

31383 — *L'artillerie moderne*. In-12° de 256 pages, par le colonel Hennebert. Paris. E. Kolb. 1890.

31384 — De M. E. Reynier (M. de la S.). *Piles électriques et accumulateurs*. In-8° de 207 pages. Paris, J. Michelet. 1884.

31385 — Du même. *Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque*. In-8° de 222 pages. Paris, Baudry, 1888.

31386 — Du même. *Les voltamètres régulateurs zinc plomb*. In-8° de 24 pages. Paris. Baudry, 1889.

31387 — De M. S. Drzewiecki. *Les Oiseaux considérés comme des aéroplanes animés*. In-8° de 36 pages. Clermont, Daix frères, 1889.

31388 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. *Exposition universelle de 1889. Congrès international de mécanique appliquée. Procès-verbaux sommaires*, par A. Tresca. In-8° de 49 pages. Paris, Imprimerie Nationale. 1890.

31389 — De M. P. Carette (M. de la S.). *Wagons pour le transport des vins, alcools, etc.* Album de trois photographies, 1889.

31390 — De M. Vlasto. *Exposition universelle de Paris 1889. Le Royaume de Grèce*. Album illustré in-f°, de 95 p., par E. Chester. Paris et Londres. 1889.

31391 — Du même. *La Société métallurgique du Laurium Grec, ses produits, ses mines*, par A. Cordella. In-8° de 127 pages.

31392 — Du même. *Catalogue de la Collection géologique, minéralogique et pétrologique, exposée à Athènes, à la quatrième exposition olympique (1888)*, par A. Cordella. In-8° de 44 pages.

31393 — Du même. *Rapport sur les raisins secs à l'Exposition universelle de 1889*. Petit in-8° de 26 pages, par Em. Rodocanachi. Amiens, Delattre-Lenoel. 1889.

31394 — Du même. *Rapport sur les salines, mines et carrières du Royaume de Grèce*. Petit in-12° de 28 pages, par le Ministère des Travaux publics. Athènes, Imprimerie Nationale. 1889.

31395 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Philosophy of the multi-cylinder or Compound Engine its theory and its limitations.* In-8° de 37 pages. Philadelphia, 1889.

31396 — De M. Casalonga (M. D. de la S.). *Loi fédérale sur les brevets d'invention,* du 29 juin 1888, par le Conseil fédéral Suisse. In-12° de 13 pages, 1888.

31397 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Polonceau on Compound Locomotives.* Petit in-8° de 7 pages. London, W. Clowes and Sons, 1889.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2034 — De M. P. Coquerel (M. de la S.). *Note sur les Traverses métalliques à l'Exposition de 1889.*

2035 — De M. Lefer (M. de la S.). *Note sur une disposition propre à améliorer le rendement, pratique des moteurs à vapeur.*

2036 — De M. S. Périssé (M. de la S). *Les chaudières à vapeur de l'Exposition de 1889. — Description et caractères généraux.*

2037 — De M. A. de Ibaretta (M. de la S.). Analyse de l'ouvrage de M. E. Bois. *Estabilidad de las Construcciones de memposteria* (Stabilité des constructions en maçonnerie).

Les membres nouvellement admis pendant le mois de janvier sont :
Comme membres sociétaires : MM.

L.	Bazire,	présenté par MM.	Jousselin, Chaperon et Marié.
R.	Ciccarelli,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
Ch.	Dupuich,	—	L. Francq, Mesnard et A. Brüll.
P.	Gronsky,	—	Mallet, Baranoff et Zbyszewski.
J.	Guedes de Queiroz.	—	Carimantrand, Mallet et Marchand.
F.	Gueldry,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.
E.	Hanquet.	—	Séguin, Mallet et Jouffret.
E.	Kopp,	—	Brustlein, P. Duthu et A. de Dax.
G.	Meyer,	—	Armengaud jeune, A. Cahen et Mardelet.
C.	Mullet,	—	Buquet, Appert et P. Terrier.
E.	Paillet,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
T.	Rainaldi,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
E.	Rouy,	—	Firminhac, Portier et Richard.
A.	Touchon.	—	Bouvier, de Loriol et Pourcel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1890

Séance du 3 janvier 1890.

Présidence de M. G. Eiffel.

La séance est ouverte à huit heures et demie. M. G. Eiffel, président sortant, prononce le discours suivant :

Mes chers Collègues,

Arrivé au terme du mandat que vous m'avez fait l'insigne honneur de me confier pendant cette année si importante pour tous, et particulièrement pour notre Société, de l'Exposition de 1889, j'ai, suivant l'usage, à vous rendre sommairement compte de nos travaux pendant le cours de cette année, qui, la quarante-deuxième de l'existence de notre Société, aura été, grâce à vous tous, l'une des plus brillantes.

Mais, avant tout, je dois rendre un pieux hommage au souvenir de ceux de nos membres que nous avons perdus et dont malheureusement le nombre s'élève à trente-huit.

Vingt-huit d'entre eux ont fait l'objet de notes spéciales insérées dans les procès-verbaux de nos séances.

Ce sont :

MM. Bataille, D. Bonnet, Cail, Corpet, Courant, Dejey, Fouaillet, Fournier, Fragneau, Gavand, Gouvy père, Hack, Henriet, de Jubécourt, Jury, Laforestrie, Leblanc, Lemoine, Montagnier, Neujean, Piarron de Mondesir, Pollet, Quehen, de Ridder, Rist, Rocaché, Rudler.

Des notices nécrologiques insérées dans nos Bulletins retracent d'une façon plus détaillée la carrière trop tôt interrompue de nos dix autres collègues :

MM. Bonnami, A. Bonnet, Goschler, Maldant, Mathias, Muller, Netter, Pothier, de Reinhardt, Taillard, Vautier.

L'énumération de ces noms vous dit assez l'importance des pertes qu'a faites notre Société ; parmi celles-ci, elle a particulièrement à déplorer

[illegible] de ses anciens vice-présidents, MM. Mathias et Goschler, [illegible] de ses anciens présidents, M. Émile Muller, aux funérailles [illegible] s'est associée d'une façon si sympathique à la dou-[illegible] et de ses amis.

Le [illegible] de ceux qui sont venus grossir nos rangs, et remplacer les [illegible] nous disons un dernier adieu, s'élève à cent vingt-trois [illegible] et quinze membres associés. En outre, MM. Barlow, [illegible] et Berger ont été nommés membres honoraires.

[illegible] que le nombre de nos membres, qui était au 1[er] jan-[illegible] 2 198
[illegible] par les admissions de 142
[illegible] par les décès et radiations de. 66
[illegible] actuellement, dans notre Société, 2 274 membres.

[illegible] nos finances, le rapport qui vous a été présenté par [illegible] vous a donné assez de renseignements pour qu'il soit [illegible] sur ce sujet. Je me contenterai de vous rappeler qu'un [illegible] 75 000 f a été fait parmi les membres de notre Société qui, [illegible] dont je suis heureux de les remercier, y ont con-[illegible] somme très supérieure à celle qui leur était demandée. [illegible] emprunt destiné à la réception des Ingénieurs étrangers, nous [illegible] que 63 527,48 f. Grâce à la libéralité d'un certain nombre [illegible] qui ont fait abandon du montant de leur souscription, nous [illegible] à rembourser 12 747,52 f à nos obligataires ; mais néan-[illegible] capital social n'est plus que de 300 000 f, soit en diminution [illegible] sur notre avoir à la fin de 1888. Quoique nous soyons loin [illegible] cette situation en raison des résultats obtenus, nous [illegible] pas moins faire tous nos efforts pendant les années qui vont [illegible] pour reconstituer notre capital antérieur et le ramener au chiffre [illegible] avions atteint de 151 000 f.

La [illegible] a encore trouvé cette année une occasion de venir en aide [illegible] des mineurs atteintes par une de ces catastrophes qui ne [illegible] laisser insensibles. Comme pour les accidents des puits [illegible] et de Cransac, une souscription a été ouverte en faveur [illegible] des victimes de Saint-Étienne. La Société a tenu une fois [illegible] à affirmer la sympathie qui unit les Ingénieurs à la classe ou-[illegible] une somme de 1 800 f a été rapidement recueillie et adressée [illegible] par le Comité. Les Mechanical Engineers d'Angleterre, que nous [illegible] recevoir à Paris, nous ont transmis, par l'intermédiaire de M. [illegible] Chapman, et en plusieurs versements, la somme de 1 685 f, pro-[illegible] collecte faite parmi les membres de cette Société et qui a été [illegible] par nos soins dans la Loire. M. Reymond, notre ancien Prési-[illegible] sénateur de la Loire, et le préfet, M. Galtier, ont adressé par lettre [illegible] de chaleureux remerciements dont j'ai été heureux de [illegible] et le souvenir reconnaissant dans l'excursion que nous [illegible] dans le pays avec les Ingénieurs de l'Iron and steel Institut.

[illegible] bibliothèque s'est enrichie de nombreux ouvrages dus à la géné-[illegible] membres et d'industriels auxquels j'adresse tous vos remer-[illegible].

L[illegible] de cette bibliothèque se poursuit avec persévérance et

nous croyons prochain le jour auquel la Société possédera enfin son catalogue au complet.

Les prix qui ont été décernés cette année par la Société sont :

Le prix annuel qui a été attribué à M. Barbet pour son mémoire sur la construction et le calcul des cylindres de presse hydraulique ou à air;

Le prix Michel Alcan que nous avons pu remettre avant sa mort à notre regretté collègue M. H. Bonnami pour son mémoire sur la fabrication et la solidification des produits hydrauliques.

Le nouveau coin dû à la libéralité de M. H. Hersent, notre ancien président, a été terminé cette année par M. Chaplain, notre graveur ; aussi les médailles des trois prix qui n'avaient pas été distribuées l'année dernière ont été remises au mois de juin à nos lauréats :

M. E. Gruner, pour le prix annuel ;

M. A. Borodine, pour le prix Nozo ;

MM. A. Gouilly et D.-A. Casalonga, pour le prix Giffard.

J'arrive maintenant à vos travaux.

Les nouveaux venus parmi vous dans cette grande famille des Ingénieurs civils dont le nombre s'accroît chaque année, reconnaîtront chez leurs aînés de multiples exemples d'un travail persévérant dont ils trouveront la trace pour l'année qui vient de s'écouler dans le rapide résumé des communications qui ont été faites et des discussions auxquelles elles ont donné lieu pendant nos vingt-une séances.

Ces travaux seront, suivant la division établie par le règlement, classés en quatre sections.

Travaux publics et constructions.

M. R. Cottancin nous a décrit son système de *constructions en ciments avec ossature métallique en fer*. MM. E. Polonceau, S. Périssé, Petit et moi-même avons présenté des observations sur ce système qui, bien appliqué, peut être d'une grande utilité.

Les améliorations des fleuves à marées ont fait l'objet de nouvelles observations de MM. J. Fleury, J. de Coëne et L. Vauthier dont vous connaissez la compétence.

M. E. Polonceau a bien voulu nous donner une analyse d'un important ouvrage de nos collègues, MM. P. Lefèvre et G. Cerbelaud, *sur les chemins de fer*.

M. F. de Garay nous a parlé du beau *pont de Poughkeepsie*, au sujet duquel il nous a fourni de nombreux renseignements qui ont donné lieu à MM. S. Périssé et P. Regnard de présenter diverses observations sur les systèmes de ponts américains.

M. J. Durupt nous a entretenus de son système de *maisons démontables*, qui peuvent rendre de grands services aux Ingénieurs pour leurs travaux à l'étranger.

M. P. Moncharmont, de son système de *voies métalliques universelles*, qui offre une solution complète de l'emploi des traverses métalliques.

Et enfin M. G. Lesourd, des *crampons à pointes multiples divergentes*, de M. Junquera.

Parmi les autres mémoires plus développés, je vous rappellerai celui

M. J. Charton qui, dans son *aperçu général des dispositions et installations de l'Exposition universelle de 1889*, nous a dit par avance, de la ... agréable et la plus attrayante, ce que devait être cette ... pour laquelle ses prévisions n'ont pas été trompées.

M. E. ... nous a donné un remarquable Mémoire sur le *Colmatage ... et le dessèchement des marais de Fos*. C'est un sujet des plus ..., qui nous a été exposé avec une compétence toute particu... ... les renseignements abondants et précis dont nous devons ... collègue.

M. H. ... nous a fait une communication des plus intéressantes et ... sur le *bassin de radoub de Saïgon*, qui restera un des ... travaux qui remplissent la carrière de notre éminent collègue.

... nous a entretenus, ainsi que M. J.-B. Pradel, de la belle étude qu'il ... en ... avec MM. E. Schneider et Cie, d'un avant-projet de ... sur la Manche, qui a donné lieu à une discussion à laquelle ont ... part MM. Ed. Roy, J. F. Pillet, E. Polonceau, A. Grouselle, J. Fleury, ... S. Périssé.

Enfin, M. Ch. ..., dans sa communication sur le *chemin de fer à voie ... de l'Exposition*, nous a fourni tous les résultats techniques et ... de cette ligne, par laquelle la Société Decauville a démontré ... frappante que les voies métalliques de son système à largeur ... peuvent s'adapter à des trafics considérables.

Mécanique et ses applications.

La question, qui joue un si grand rôle dans l'étude des constructions, ... des *méthodes d'essais de résistance des matériaux et leur unification*, ... l'objet d'un ouvrage de M. Svilokossitch, qui nous a été résumé ... la plus habile par M. Max de Nansouty. La discussion qui en ... a amené les observations très judicieuses de MM. E. Polonceau, A. Dallot, G. Pesce, J. Euverte, E. Badois, E. Mayer, V. Contamin, D. de Laharpe, D. Casalonga, et montre tout l'intérêt que la ... attache à cette question, qui se représentera certainement devant ... parce que deux des Congrès de cette année l'ont examinée. J'espère ... M. de Nansouty voudra bien continuer son étude en vous exposant ... résulte des délibérations de ces Congrès.

M. R. Cottancin nous a donné tous les détails relatifs *au transport de la ... Ferry*, depuis la porte du Palais de l'Industrie jusqu'à la berge ... à l'aide de voies Decauville.

M. ... Dupertuis a présenté une analyse de l'ouvrage de MM. D.-A. ... Ch. Casalonga sur les *marteaux-pilons et les presses hydrauliques appliqués aux travaux de forge et de chaudronnerie*. Cet important ouvrage a donné lieu à des observations de MM. D.-A. Casalonga, E. Polonceau, S. Périssé et A. Lencauchez.

M. S. Périssé nous a analysé le livre que notre collègue M. Denis Poulot ... de faire paraître sous le titre : *Méthode d'enseignement manuel pour former un apprenti mécanicien*, et nous en a fait ressortir le côté ... pratique.

M. L. de Longraire a étudié devant vous *la raideur des cordages* et a discuté les différentes formules usuelles qui laissent beaucoup à désirer. Il en a proposé de nouvelles qui sont plus en accord avec la réalité.

M. V. Contamin a analysé une note de M. L. Rey *sur les nouvelles formules pratiques pour le calcul des pièces soumises à des efforts de flexion et de tension*. En ne faisant usage que des coefficients de résistance à l'extension, M. Rey a comblé une lacune qui avait préoccupé beaucoup de ceux d'entre nous qui s'occupent de la Résistance des matériaux.

Les sujets qui ont donné lieu à des communications plus étendues sont : *la Traction funiculaire des bateaux sur les canaux, système Maurice Lévy*, laquelle, après une visite faite à Joinville-le-Pont, a été l'objet de la part de M. A. Brüll, pendant votre deuxième séance, d'un très remarquable compte rendu. M. Maurice Lévy, qui assistait à cette séance, vous a complété cet exposé par des observations du plus grand intérêt. MM. O. Delfosse, V. Contamin, E. Polonceau et moi-même avons présenté, principalement au point de vue de la résistance des câbles, quelques remarques sur ce sujet d'une haute utilité.

MM. F. Rabeuf et E. Carez ont fait un compte rendu des expériences faites à Tergnier, sur le canal de Saint-Quentin, devant le Congrès international de navigation, pour le même but, *celui du halage funiculaire*. suivant le système Oriolle. Ce dernier fonctionne aussi d'une façon satisfaisante et il serait très intéressant de comparer d'une manière détaillée, les résultats pratiques de ces deux systèmes qui présentent une grande analogie.

M. L. Boudenoot nous a présenté un Mémoire de M. E. Daujat sur *l'Exploitation de la distribution de la force motrice au moyen de l'air raréfié*, et sur les installations nouvelles de l'usine de la rue Beaubourg. Ce mémoire constate le succès des petits moteurs employant ce système qui peut rendre de si utiles services dans la petite industrie.

M. A. Ansaloni vous a décrit dans tous leurs détails *les ascenseurs de la Tour de 300 mètres*. Ces appareils donneront probablement lieu à une communication nouvelle, indiquant la manière dont ils ont fonctionné.

Le principe Compound et son application aux locomotives a fait l'objet de deux communications très importantes : l'une de M. A. Pulin, et l'autre de M. E. Polonceau sous le nom de *la Locomotive Compound*. Elles ont donné lieu à des discussions d'un grand intérêt de la part de MM. J. Garnier, A. Mallet, L. Parent et Ch. Roy.

Enfin, M. L. Soulerin s'est livré à l'étude très approfondie des freins pneumatiques au sujet de la communication qu'il a faite *d'un nouveau système de freins continus*. Indépendamment de ce système lui-même, nous croyons que c'est une des études les plus complètes qui existe sur ce sujet.

Je signalerai en dernier lieu l'insertion dans nos bulletins de la 2e partie du savant mémoire présenté par M. Bertrand de Fontviolant *sur une théorie nouvelle des déformations élastiques*.

Mines et Métallurgie.

M. E. Grüner a excité votre intérêt par les notes techniques qu'il a recueillies pendant *le voyage de la Société à Barcelone et à Bilbao.* Ces notes sont très nourries de faits et seront consultées avec fruit par chacun de nous.

M. E. Polonceau nous a donné connaissance de l'important travail de M. A. Bresson sur *la fabrication et les emplois actuels de l'acier déphosphoré.*

M. Bresson a communiqué lui-même un second Mémoire sur *l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Allemagne.* Ce mémoire, qui est inséré *in extenso* dans nos bulletins, présente un intérêt industriel considérable en raison de la compétence de M. Bresson et de sa connaisance très complète des conditions industrielles, non seulement de l'Autriche, mais encore de l'Allemagne.

La déphosphoration sur sole en France a fait l'objet d'observations historiques par MM. A. Lencauchez, F. Gautier et J. Euverte.

Physique et Chimie.

La question si importante de l'éclairage électrique a, naturellement, fait l'objet de plusieurs communications. L'une, par M. E. Polonceau *sur l'éclairage électrique de la ville de Milan*, où sont relatés un grand nombre de renseignements pratiques ; un autre, par M. A. de Bovet, directeur du Syndicat des électriciens *sur l'éclairage électrique de l'Exposition universelle.* Ce mémoire fournit, avec celui de M. J. Charton, les notes les plus complètes qui aient encore paru sur l'installation technique de l'Exposition ; enfin nous avons eu une analyse très complète, par M. Max de Nansouty, du consciencieux et remarquable ouvrage de M. L. Vigreux, intitulé : *Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville.*

M. P. Gassaud nous a présenté une analyse de l'ouvrage de M. le docteur Lafont, *sur le gaz à l'eau,* dont les conclusions ont été très vivement combattues par notre collègue M. E. Cornuault.

M. J. Pillet nous a entretenus de *sa balance électrique,* dont il est à désirer que la pratique vienne consacrer les indications théoriques.

Enfin, M. Jablochkoff nous a fait une communication sur *la production de la force motrice par l'électricité,* qu'il considère comme devant être préconisée pour les petites forces. MM. P. Regnard, E. Hospitalier et H. Hervegh ont pris part à la discussion qui suit cette communication.

Enfin, pour clore la série de ces communications, j'ai à vous mentionner l'étude, faite par M. D. Casalonga, de *la nouvelle loi suisse du 29 juin 1888 sur les brevets d'invention,* au sujet de laquelle MM. S. Périssé, Ed. Roy, C. Mardelet et E. Polonceau ont présenté des observations dont il serait très désirable de voir tenir compte dans la revision de la législation actuelle des brevets en France.

Tels ont été les travaux de la Société pendant ses séances, et vous

voyez qu'un grand nombre présentent le plus sérieux intérêt; mais là ne s'est pas bornée son activité et ses membres ont joué un rôle important dans les nombreux Congrès de 1889, soit comme Présidents, soit comme Vice-Présidents ou Secrétaires, soit comme auteurs de mémoires très remarqués.

Il m'est impossible de vous énumérer ces derniers travaux, je me bornerai à vous rappeler les noms de ceux d'entre vous qui ont été nommés soit Membres des commissions d'organisation, soit Membres des bureaux définitifs.

CONGRÈS DE	MEMBRES DE LA COMMISSION D'ORGANISATION	MEMBRES DU BUREAU
Mécanique appliquée	MM. Badois. — Barba. — Baudry. — Boudenoot. — de Comberousse. — Delaunay-Belleville. — J. Farcot. — Gottschalk. — A. Mallet. — Mignon. — Max de Nansouty. — S. Périssé. — E. Polonceau. — G. Richard. — Richemont. — Ed. Simon. — A. Tresca. — Vigreux. — Jules Armengaud.	MM. Gottschalk, Farcot, *Vice-Présidents*. — A. Tresca, Max de Nansouty, Boudenoot, *Secrétaires*.
Mines et métallurgie	MM. Boucheron. — A. Brüll. — P. Buquet. — Clémandot. — A. Evrard. — Gautier. — A. Hallopeau. — S. Jordan. — Remaury. — Rogé. — Schneider. — de Selle. — Wurgler. — Bresson. — Dujardin-Beaumetz. — Edouard Gruner.	MM. Jordan, Remaury, *Vice-Présidents*. — Lodin, Ferd. Gautier, E. Gruner, *Secrétaires*.
Navigation fluviale	MM. Charles Cotard. — P. Regnard. — Pronnier. — L. Vauthier.	
Procédés de construction	MM. Contamin. — Delmas. — G. Eiffel. — Bertrand de Fontviolant. — Gonin. — H. Hersent. — Jolly. — Lantrac. — L.-G. Le Brun. — Lippmann. — A. Moreau. E. Muller. — Max de Nansouty. — L. Baudet. — J. Charton.	MM. Eiffel, *Président*. — Muller, *Vice-Président*. — Bertrand de Fontviolant, Moreau, *Secrétaires*.
Accidents du travail	MM. Cauvet. — E. Gruner. — E. Muller. — Max de Nansouty. — Portevin. - F. Reymond. — Emile Cacheux.	MM. E. Muller, *Vice-Président*. — E. Gruner, *Secrétaire Général*.
Travaux maritimes	MM. J. Fleury. — H. Hersent. — Lavalley. — R. Le Brun. — Molinos.	MM. Lavalley, *Vice-Président*. — J. Fleury, *Secrétaire*.
Habitations ouvrières	MM. Cacheux. — Dietz-Monnin. — Guary. — Menier. — Emile Muller. — Emile Trélat.	
Cercles d'ouvriers	M. Remaury.	

[illegible]	MEMBRES DE LA COMMISSION D'ORGANISATION	MEMBRES DU BUREAU
—	—	—
[illegible] des [illegible]	MM. Prunier. — L. Vau-thier.	M. Gotard, Vice-Président.
[illegible]	M. Berthelot.	
[illegible]	M. l'amiral Pâris.	
[illegible]	MM. Cacheux. — de Nansouty. — A. de Rothschild.	
[illegible]	MM. Alphand. — Bourdais. Castel. — Eiffel. — Reymond. — Émile Trélat. — M. Ch. Lucas, secrétaire.	
[illegible] ethnographiques	M. Ch. Lucas.	
[illegible]	MM. Alphand. — Ch. Lucas. — E. Trélat.	
[illegible]		MM. E. Muller, Vice-Président. — E. Cacheux, Trésorier.
[illegible]		MM. Fontaine, Vice-Président. — Hillairet, Hospitalier, Secrétaires.

[illegible] a fait aussi appel à la compétence d'un grand nombre de nos [illegible] en appelant à participer aux travaux du Jury des récompenses de l'Exposition.

Vous me permettrez de vous rappeler leurs noms, qui sont au nombre de 92.

Ce nombre, ainsi que celui des Membres des commissions d'organisation des congrès, montrent bien dans quelle haute estime les pouvoirs [illegible] tiennent la Société des Ingénieurs civils :

[illegible] une Société ni aucun corps n'ont été appelés à fournir à notre [illegible] entreprise nationale un contingent aussi considérable d'hommes [illegible] compétence reconnue.

C'est pour ce motif que nous pouvons être fiers de rappeler tous ces [illegible] et que vous m'approuverez de les grouper dans ce résumé annuel.

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

FAISANT PARTIE DU JURY DES RÉCOMPENSES

GROUPE II.	Classes 6, 7 et 8.	Jacquemart. — Mesureur. — Parlecin.
	Classe 9	Cauvet.
	Classe 10	Dumont.
	Classe 11	Parrot.
	Classe 15	Colonel Laussedat.
GROUPE III.	Classe 19	Appert. — Biver. — E. Bernard.
	Classe 20	Martin. — Hedon.
	Classe 25	Coutelier. — A. Durenne.
	Classe 26	Garnier.
	Classe 27	Grouvelle. — Lacheisserie. — Muller. — Cornuault. — Piet.
GROUPE IV.	Classe 30	Noblot. — Walbert.
GROUPE V.	Classe 41	Buss. — Boutmy. — Elleau. — Holtzer. — Lasvange. — Mignon. — Hennecart. — H. [illegible]
	Classe 44	P. Guillemont.
	Classe 45	de Bussard.
	Classe 46	Devaux.
GROUPE VI.	Classe 48	Jordan. — Wurgler. — Pentecôte. — de Quillacq.

GROUPE VI.	Classe 49.	Albaret. — Chabrier. — Liébaut. — Tresca.
	Classe 50.	Egrot. — Hignette. — E. Boire.
	Classe 51.	Bérendorf. — Deutsch. — Perret.
	Classe 52.	Bourdon. — Farcot. — Féray. — Lavalley. — Piat. — Weyher.
	Classe 53.	Bouhey. — Léon. — Rouart. — Vaslin.
	Classe 54.	A. Imbs.
	Classe 55.	G. Denis.
	Classe 56.	Godillot. — Hurtu. — Legat. — Gotendorf.
	Classe 57.	Panhard.
	Classe 58.	Dehaître. — Ermel.
	Classe 59.	Périssé. — Bougarel.
	Classe 60.	Binder. — Mauclère. — Quenay. — Pozzy.
	Classe 61.	Chevalier. — Desgrange. — Level. — Salomon.
	Classe 62.	Jousselin. — Aylmer. — Sautter.
	Classe 63.	Guillotin. — Jolly. — Michau. — Molinos. Moisant. — Reymond. — Trélat.
	Classe 65.	Pérignon. — Rueff.
	Classe 66.	Canet.
GROUPE VII.	Classes 70, 71 et 72. .	Prevet. — Dufresne.
	Classe 73.	Cirier. — d'Adelswaid. — Prangey.
	Classe 73 *bis*	Ronna.
	Classe 74.	Lavalard.
	Économie sociale. . . .	Ch. Lucas.

Non seulement la Société avait à se partager entre les multiples congrès et les fréquentes réunions des jurys, mais elle avait encore à exercer les devoirs de l'hospitalité envers les nombreux Ingénieurs étrangers qui s'étaient adressés à elle comme à une des plus puissantes associations représentant en France la profession de l'Ingénieur sous ses formes les plus diverses.

Ces réceptions, qui ont été très laborieuses, ont pris le temps d'un grand nombre d'entre vous, mais aussi elles ont été l'une des manifestations les plus éclatantes de votre activité.

Grâce à M. A. Brüll qui, comme président de la Commission spéciale des réceptions, s'y employait avec un zèle remarquable, le programme des réunions et des visites avait été soigneusement établi plusieurs mois à l'avance et communiqué aux Sociétés que nous devions recevoir. Votre empressement à couvrir l'emprunt que nous vous proposions nous était encore une preuve du désir que vous aviez tous de voir ces manifestations de fraternité professionnelle être dignes de la France et de notre Société. Aussi avons-nous essayé, dans les limites des ressources dont nous disposions, de leur donner tout l'éclat possible, en mettant à profit l'aide des sympathies qui s'offraient à nous et dont j'aurai à vous parler.

La première réception fut celle des Ingénieurs américains, qui eut lieu du 20 au 26 juin. Ces messieurs, au nombre de trois cents environ, appartenaient à trois Sociétés différentes : celle des Ingénieurs civils de New-York représentée par M. Towne, le président de cette Société, par M. Wittemore, président honoraire, et par M. Chanute, ancien président; celle des Ingénieurs mécaniciens avec M. Woodbury, son vice-président, et enfin celle des Ingénieurs des Mines.

M. Brüll et M. Caen, un de nos plus zélés commissaires, ont donné un récit très complet de cette réception, dont tous les points du pro-

... eurent un plein succès. Je n'en rappellerai que l'accueil particulièrement distingué que votre Bureau, en présentant nos collègues ..., a reçu du Président de la République, du Conseil municipal de Paris et du Préfet de la Seine.

... commence la réception des 200 membres de la Société des ... anciens anglais, venus à Paris pour y tenir leur Congrès ... sous la présidence de M. Ch. Cochrane. MM. Brull, Caen ... vous ont entretenus de cette seconde réception dans laquelle ... dans notre hôtel, les visites à la Tour et aux divers ... qui nous ont généreusement offert leur concours, ont ... impression dans l'esprit de nos hôtes, ainsi qu'en témoignent ... chaleureuse lettre de remerciements qui a été adressée à ... président par M. Ch. Cochrane, et la généreuse souscription ... pour les victimes de la catastrophe de Saint-Étienne.

Le 10 septembre, nous recevions les Ingénieurs belges et hollandais, ... plus de 300 et appartenant :

... à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de ... M. Montefiore-Levi, président); à l'Association des Ingénieurs ... spéciales de Gand (M. Morelle, président); à la Société des Ingénieurs de l'Université de Louvain (M. Fabry, président); à la Société des Ingénieurs de l'Université de Bruxelles (M. Van Drunen, président); à la Société des Ingénieurs de l'École des Mines du Hainaut (M. Briard, président).

... à l'Institut royal néerlandais, sous la direction de M. M. ..., président.

... réunions qui ont eu lieu pour cette réception, notamment à ... où nous étions réunis dans un banquet au nombre de 550 con... chez MM. Menier où il nous a été fait une magnifique réception ... avons trouvé chez nos hôtes, plus que de la cordialité, mais ... véritable enthousiasme dont un écho vous a été rapporté par le ... en a fait notre vice-président, M. S. Périssé, au dévouement ... pendant ces agréables mais fatigantes réceptions, la Société doit ... reconnaissance particulière pour la façon dévouée dont il a consacré ... son activité et son temps à la disposition de votre Président.

La semaine suivante, le 17 septembre, eut lieu la réception de 60 Ingénieurs espagnols, 90 Ingénieurs russes, 25 Ingénieurs portugais, ... Ingénieurs brésiliens et quelques Ingénieurs chiliens. M. Périssé vous a également rendu compte de cette visite et des toasts pleins de chaleureuse sympathie échangés soit à la Tour, soit aux Établissements ... avec MM. Belelubsky, professeur à l'Institut de Saint-Pétersbourg, de Ybarreta et Thos y Codina, Ingénieurs espagnols, de Mello, Ingénieur brésilien, et surtout avec notre éminent collègue, M. de Mattos, président de la Société des Ingénieurs portugais à Lisbonne.

Enfin, le 21 septembre, nous avons reçu les membres de l'Iron and Steel Institut d'Angleterre, venus à Paris au nombre de 350 pour leur meeting général et ayant à leur tête sir James Kitson, leur président.

Après les banquets qui ont eu lieu à la Tour et à l'hôtel Continental, ... M. E. Polonceau vous a entretenus, ont eu lieu dans des trains spé-

ciaux deux magnifiques voyages, l'un au Creusot, dont M. Périssé vous a rendu compte, et l'autre dans la Loire, dont le récit vous a été fait par M. Herscher jeune. Ces deux excursions exceptionnelles ont laissé dans le souvenir de ceux qui y ont assisté, d'inoubliables souvenirs. Votre Société y a reçu des populations elles-mêmes et des autorités le plus enthousiaste accueil. Les excursions à Longwy et dans le Luxembourg, ainsi qu'à la région de Maubeuge, n'ont pas eu moins de succès.

Le nombre des Ingénieurs étrangers qui ont été l'objet de ces diverses réceptions n'a pas été moindre de 1 877 ; nous pouvons être assurés que leur réussite a été complète et que nos hôtes ont pu repartir très satisfaits de l'accueil qu'ils avaient reçu parmi nous.

Nous avons à ce sujet bien des remerciements à adresser, d'abord à nos collègues, MM. Brüll, Périssé, Reymond, Buquet, Chapman, Vaslin, Caen, Herscher, Regnard, Canet, Godillot, E. Pontzen, etc., puis aux Ingénieurs de la Ville, MM. Bechman et Launay, à MM. Bixio, Ménier, Decauville, Schneider, de Montgolfier, Thiollier, Cholat, Holtzer, Douvreleur, Marrel, Arbel, Deflassieux, etc., et enfin à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, qui a constamment facilité nos voyages par des trains spéciaux, ainsi qu'aux Compagnies du Nord et de l'Est. Tous ceux qui nous ont apporté leur concours dans ces circonstances ont droit à notre gratitude et ils me pardonneront d'avoir omis ici bien des noms qui ont trouvé leur place dans nos bulletins.

Je dois mentionner aussi que le 17 septembre, votre Société a eu l'honneur de recevoir dans un déjeuner à la Tour M. Edison qui, en compagnie de M. Gounod, a passé avec nous quelques heures dont nous avons gardé un précieux souvenir.

M. le Président de la République, par une lettre adressée à votre Président, a bien voulu faire remercier la Société des Ingénieurs civils qui, dit-il, « *a su faire si dignement aux Ingénieurs étrangers venus à Paris cette année les honneurs de l'Exposition et de l'œuvre industrielle de la France* ».

Ces réceptions, qui ont jeté un grand éclat sur notre Société, lui ont assuré au dehors des liens d'amitié solides et durables dont le témoignage s'est produit par de précieuses expressions de gratitude. Parmi celles-ci, vous me permettrez de vous reporter l'honneur qui a été fait à votre Président, lequel a été nommé membre honoraire des « Mechanical Engineers » anglais, de celle des « Mechanical Engineers » américains, de celle des Ingénieurs de Gand et de Liège, et enfin de l'« Iron and steel Institut ». Je ne puis que remercier ici les associations de l'honneur qu'elles ont ainsi fait à notre Société dans la personne de son Président.

Mais en dehors de ces réceptions, vous savez tous la part considérable qu'a pris la Société elle-même, non seulement dans la construction de différents édifices de l'Exposition, soit parmi les ingénieurs comme MM. Contamin, Charton, Vigreux, Bourdon, Pierron, etc., soit parmi les entrepreneurs, dont on peut dire que tous ceux qui en ont construit la partie métallique appartiennent à la Société, soit personnellement, soit par leurs principaux collaborateurs, mais encore parmi les exposants eux-mêmes dont les produits industriels devaient faire l'attrait de ces galeries.

M. le Président de la République a pu dire à juste titre, à notre vice

président, M. Périssé, dans la visite qu'il a faite au local qui nous était réservé et où nous étions nous-mêmes exposants, *que les œuvres des Ingénieurs civils remplissaient l'Exposition*.

Aussi la part que nous avons eue dans les récompenses est considérable.

Tout d'abord la Société elle-même a été récompensée de son action collective par un Grand Prix dans la classe 63.

Quant à ses membres, 70 ont été mis hors concours; les autres ont obtenu 48 grands prix, 164 médailles d'or, 141 médailles d'argent, 67 médailles de bronze et 29 mentions honorables. Le chiffre relativement élevé, non seulement du nombre total de ces récompenses mais surtout de celui des récompenses d'ordre supérieur (grands prix ou médailles d'or), montre assez par lui-même le mérite de nos sociétaires exposants.

Mais ce ne sont pas, Messieurs, les seuls résultats de l'année 1889; une grande quantité de décorations données à nos collègues est venue s'y ajouter :

En premier lieu dans la Légion d'honneur :

Ont été promus au grade de commandeur :

MM. Bixio, Cauvet, de Naeyer.

Au grade d'officier :

MM. Aylmer, Bariquand, Chapman, Charton, Contamin, P. Decauville, Delaunay-Belleville, Eiffel, Fontaine, P. Garnier, Geneste, Ghesquière, Guillotin, Charles Herscher, J. Hignette, Lantrac, Menier, Moisant, Petitjean, Prevet, Richemond, Sédille, Vigreux, Vuillemin, Weyher.

Au grade de chevalier :

MM. E. Armengaud, P. Arrault, Badois, Barbet, Baudet, G. Beliard, Berton, Berthon, Boire, Bornèque, Bougarel, Boulet, Bourdon, Boutmy, de Brochocki, Brustlein, Bunel, Coignet, Collignon, Denis, Deutsch, Domange, Dujour, Durand, Duval, Egrot, Fould-Dupont, Gatget, Godfernaux, Grébus, Guyenet, Imbs, Lecouteux, Legrand, Lelubez, Levassor, Lippmann, Luchaire (Léon), Martin, Mauclère, Mauguin, Monjean, Petitjean, Pierron, Portevin, Richard, Rouart, Salles, Salomon, Sautter, Simons, Thirion, des Tournelles, Tresca, Zschokke.

Il faut ajouter à cette longue liste 16 officiers de l'instruction publique, 28 officiers d'académie, 1 officier et 5 chevaliers du Mérite agricole, plus un grand nombre de décorations étrangères.

Nous pouvons considérer comme venant s'ajouter à la suite de cette longue liste de récompenses le prix Osiris, qui, partagé entre les différents collaborateurs de la Galerie des machines, est venu récompenser notre cher collègue Contamin de ses remarquables études.

Permettez-moi d'y ajouter aussi, en la considérant comme pouvant être revendiquée par notre Société, la haute distinction qui vient de m'être accordée par l'Académie des Sciences; je veux parler du *prix de mécanique* (fondation Montyon) *pour l'ensemble de mes travaux de constructions métalliques*.

J'y ai été d'autant plus sensible que, parmi les premiers titulaires de

ce prix et à côté de noms glorieux, tels que celui de Poncelet, j'en retrouve beaucoup d'autres tels que ceux du général Morin, Giffard, Tresca, Lavalley, Arson, Armengaud père, Léon Francq, qui appartiennent à notre Société, et dont elle s'honore.

J'en ai fini, Messieurs, avec cette longue énumération des preuves de l'activité déployée par vous dans cette mémorable année de 1889, qui comptera, non seulement dans les annales de la France, mais aussi dans celles de la Société.

Si cette année a pu être aussi bien remplie et si nous ne nous sommes pas montrés inférieurs à la tâche que nous nous étions fixée, c'est que votre Bureau et votre Comité ont fait preuve d'un dévouement auquel je dois rendre un public hommage, et qu'un grand nombre d'entre vous, messieurs, ont bien voulu s'adjoindre à nous pour nous prêter un concours dont je les remercie sincèrement. Ces remerciements s'adressent aussi au personnel de la Société et particulièrement à notre Agent général, M. A. de Dax, qui a rempli ses difficiles fonctions à la satisfaction de tous.

Il me reste, Messieurs et chers Collègues, à vous dire combien je vous suis reconnaissant de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la Présidence pendant cette année si difficile, avec de telles responsabilités et les grands souvenirs de Flachat et de Tresca, qui avaient occupé ce fauteuil pendant les deux dernières Expositions universelles.

Grâce à vous, cette année 1889 aura été la plus brillante de mon existence; mais j'ai à faire un souhait, je le forme sincèrement et du fond du cœur: c'est que vous appréciez que je n'ai pas été indigne de la tâche que vous m'aviez confiée, à laquelle, en tout cas, n'a pas failli mon dévouement.

En quittant ce fauteuil, j'ai le grand plaisir de penser qu'il va être occupé par notre excellent collègue et ami Contamin.

Vous avez certainement voulu récompenser en lui l'un de ces travailleurs qui ont, pendant cette année même, jeté le plus d'éclat sur notre Société. Toutes les constructions métalliques de l'Exposition, ses palais, ses dômes et surtout son admirable galerie des Machines sont, au point de vue de l'Ingénieur, l'œuvre de notre collègue.

Vous avez aussi voulu donner un témoignage de reconnaissance et de sympathie, non seulement à l'excellent professeur, dont l'enseignement est si précieux, mais aussi au collègue, que vous aimez tous; qui, par la bonté et la droiture de son caractère s'est assuré depuis longtemps de votre estime et de votre affection. Votre concours ne lui fera pas défaut dans le cours de cette année, où les fruits de l'Exposition vont trouver leur place dans vos séances : vous me permettrez d'y faire appel en vous remerciant, encore une fois, mes chers Collègues du Bureau et du Comité, et vous tous, Membres de cette Société, de celui qui m'a été apporté si généreusement par vous cette année dans le but d'accroître le bon renom des Ingénieurs civils français.

M. V. Contamin, président, après avoir serré la main à M. Eiffel, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon cher Président,

Les paroles si bienveillantes que vous venez de m'adresser m'ont pro-

[illegible] et c'est de tout cœur que je vous remercie du témoignage [illegible] que vous venez de me donner. Permettez-moi à mon [illegible] vous exprimer au nom de la Société combien le souvenir de [illegible] restera gravé dans sa mémoire, du fait des preuves [illegible] dévouement à ses intérêts que vous n'avez cessé de lui [illegible], et de celui de l'intéressante direction que vous avez su [illegible] à ses discussions.

[illegible] justement estimé et universellement connu, a ajouté au [illegible] contribué à étendre la juste renommée de [illegible] que nous exerçons sur les progrès réalisés par l'industrie. [illegible] pour les services que vous nous avez rendus est d'au[illegible] grande que nous savons tous combien votre temps était [illegible] par ces importants intérêts que vous avez à sauvegarder et par [illegible] intéressantes que vous deviez présider dans les Congrès [illegible] avaient demandé votre concours.

[illegible] heureux, mon cher Président, des succès de toutes [illegible] vous avez remportés ; ils nous sont chers à plus d'un titre : [illegible] un des nôtres, ils rejaillissent tout d'abord toujours un [illegible] corporation ; puis, et surtout, parce que vous avez montré [illegible] peut l'homme de cœur qui, marchant droit devant lui, ne [illegible] sa responsabilité, et aussi parce que vous avez été [illegible] les moins contestés du succès que notre grande et belle [illegible] de remporter devant le monde entier.

[illegible] des titres à la gratitude de tous les bons citoyens et en par[illegible] Société ; soyez assuré qu'elle vous est toute acquise. [illegible] *Très bien ! applaudissements.*

[illegible]

[illegible] avoir rendu à notre Président le juste hommage dû au dévoue[illegible] il a rempli ses difficiles et absorbantes fonctions, per[illegible] vous remercier, tout d'abord du fond du cœur, de l'honneur [illegible] avez décerné en m'appelant par vos suffrages presque una[illegible] à présider vos séances pendant l'année 1890, et de vous exprimer [illegible] ma gratitude pour le témoignage d'affectueuse sympathie que vous [illegible] dans cette circonstance. Je ne pouvais rêver de plus grand [illegible] consécration plus brillante de ma carrière d'Ingénieur ; [illegible] je ferai tout ce qui dépendra de moi pour continuer [illegible] la tradition de mes prédécesseurs, pour augmenter si pos[illegible] l'état de prospérité dont notre Société jouit à si juste [illegible]

[illegible] choisir un collègue plus autorisé que moi, ayant con[illegible] part plus grande qu'il ne m'a été donné de le faire, à [illegible] et la bonne renommée de notre profession ; si vous [illegible] pas fait et m'avez désigné pour remplir les hautes fonctions de [illegible] notre Société, c'est que vous vouliez accorder un dernier [illegible] à [illegible] belle et majestueuse manifestation à laquelle notre [illegible] de se livrer et témoigner de votre désir d'établir, au sortir [illegible] féconde Exposition que la France vient de montrer au [illegible] les progrès nouveaux réalisés dans les différentes

branches de l'activité humaine. Vous avez pensé que je pouvais vous aider dans cette mission ; comptez, Messieurs et chers Collègues, sur tout mon zèle pour mettre en évidence la grande part prise par notre chère Patrie, dans la marche toujours ascendante de l'humanité vers le progrès et l'influence considérable exercée par le Génie civil sur cette marche.

Ce bilan sera glorieux pour la France et on ne peut plus honorable pour notre profession dont l'influence sur la prospérité publique a été toujours en augmentant. Nous avons continué à bien remplir notre mission, qui consiste à contribuer au progrès scientifique et industriel du pays; nous avons toujours grandi dans l'estime générale sans laquelle tout travail devient stérile et ingrat; c'est donc bien nous que l'opinion de nos concitoyens désigne pour établir ce précieux inventaire.

Nous n'avons pas accès dans les carrières publiques, mais notre domaine est autrement vaste et grand, car il comprend l'Industrie nationale tout entière sous toutes ses faces, et même dans le domaine public, c'est encore à nous que les Ingénieurs de l'État s'adressent forcément, lorsqu'ils commandent la réalisation de leurs travaux à l'Industrie. Ils sont d'ailleurs les premiers à reconnaître l'importance du concours que nous leur prêtons et ils admettent parfaitement que la plupart des grands progrès réalisés dans leur art sont une conséquence du développement toujours grandissant de notre instruction professionnelle et des améliorations constantes que nous apportons à toutes les branches des connaissances humaines. Nous sommes pour eux des auxiliaires précieux, dont bien certainement ils ne contestent pas la compétence.

Et il ne peut pas en être autrement, car nous avons pour stimuler notre activité intellectuelle un puissant élément de succès : le besoin de travailler, de toujours nous tenir au courant, sous peine de déchéance morale, des progrès accomplis et même de les accentuer ; c'est pour nous le seul moyen de procurer à nos familles la dose de bien-être que chacun de nous cherche avec raison à lui donner ici-bas. Nous représentons le travail libre dans lequel on applaudit et encourage tout progrès et toute innovation et dans lequel aucun obstable ne vient entraver une carrière qui se présente à vous n'ayant d'autres limites devant elle que celles assignées à votre intelligence et à vos aptitudes professionnelles.

Nos origines sont variées ; elles ont leur source dans l'Ecole polytechnique et l'Ecole centrale, dans celles d'arts et métiers, ou même dans de simples écoles professionnelles ; plusieurs des nôtres, et non des moins illustres, dont l'autorité est universellement acceptée, ne se réclament que de leur travail et de leurs études personnelles. Nous ne reconnaissons qu'une seule et unique hiérarchie : celle due aux services professionnels qu'on s'est trouvé à même de rendre à l'industrie à laquelle on s'est consacré. Nous ne reconnaissons, enfin, d'autre suprématie que celle due au travail et à une expérience longuement acquise par la pratique des questions et problèmes qu'on a eu à étudier.

Nous réunissons donc les qualités voulues pour bien établir la situation à ce jour de notre industrie nationale et des derniers progrès réalisés, et c'est là une bonne partie de l'œuvre que nous devons accomplir dans cette session. Notre excellent collègue, M. Simon, l'a commencée en vous représentant l'état actuel de la grande industrie de la Filature.

notre sympathique vice-président, M. Périsse, dont la continuer bientôt en vous parlant de la question des générateurs ; permettez-moi, puisque ce Président doit toujours vous entretenir d'une question qui lui est plus ou moins personnelle, de vous dire quelques mots des ossatures métalliques des bâtiments de l'Exposition, dont j'ai eu à m'occuper d'une manière toute particulière.

Lorsque je me suis trouvé choisi par notre illustre et éminent maître, M. Alphand, pour étudier et diriger la construction des ossatures métalliques des palais de l'Exposition, je n'ai pas été sans éprouver un certain sentiment d'hésitation à accepter une tâche aussi lourde et remplie de difficultés techniques, au double point de vue d'une exécution rapide et économique. Les trois architectes : MM. Dutert, Bouvard et Formigé, auxquels M. Alphand avait confié les études des trois groupes de palais constituant l'Exposition proprement dite, avaient, en effet, arrêté sous sa haute et puissante direction des ensembles de construction qui, pour être en tous points dignes des grands souvenirs qu'il s'agissait de fêter, dépassaient en dimension tout ce qui avait été projeté et exécuté jusqu'à ce jour pour ce genre de construction. Les dimensions n'étaient pas faites pour nous effrayer ; la difficulté était de faire grand, tout en restant comme dépense dans les prévisions d'avant-projet qui n'attribuaient au métal la somme semblant tout d'abord devoir répondre à la hauteur moyenne tout à fait exceptionnelle des bâtiments.

Je ne rappellerai pas les dispositions d'ensemble et architecturales de ces palais, ainsi que des autres parties de l'Exposition ; elles ont donné lieu à une communication aussi complète qu'intéressante faite par mon ami et collaborateur, M. Charton ; ni les différentes phases par lesquelles on a passé pendant la période d'exécution et dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir à deux reprises, appelant chaque fois votre attention sur la rapidité tout à fait exceptionnelle de l'exécution grâce à l'habile et vigoureuse direction de l'éminent Directeur général des travaux ; je me contenterai de vous indiquer les principes qui nous ont guidés dans les études des détails de construction des ossatures métalliques et les résultats obtenus au point de vue des prix de revient. Mais qu'il me soit permis, avant de commencer cet exposé, de rendre ici un public hommage au dévouement avec lequel mes collaborateurs de tous les degrés m'ont secondé, et de les remercier des relations pleines de cordialité et toutes affectueuses que nous avons entretenues ensemble et qui nous ont si puissamment aidé à mener à bien la part de travail qui nous était attribuée dans la grande œuvre de l'Exposition. C'est grâce au concours dévoué de mes amis Charton et Pierron et à la bonne et affectueuse collaboration de nos collègues Barande, Orsatti et Eugène Flachat et de jeunes ingénieurs, de nos futurs collègues, tels que MM. Grosclaude, Archambault, Sacquin, Thuasne et autres, que j'ai pu en moins de trois ans étudier, calculer dans tous leurs détails et faire surveiller comme réception et construction un ensemble d'ossatures représentant un poids d'environ 27 000 t et comportant onze types de fermes tout à fait différents, puis vérifier, contrôler, rectifier en certains endroits et surveiller comme construction, trois types de dômes et de pavillons représentant un poids de plus de 3 000 t, confiés comme études de détails et de réa-

tance à des constructeurs, mais qui tous sont de nos collègues, sont des ingénieurs de premier ordre, tels que MM. Marsaux, Moisant, Moreau et Roussel.

La part faite au Génie civil par M. Alphand, dans l'édification de l'Exposition a donc été grande et belle; qu'il reçoive ici une nouvelle expression de notre gratitude pour le témoignage de confiance qu'il nous a donné dans cette circonstance.

L'étude, la surveillance et la direction font beaucoup dans l'établissement de constructions aussi grandioses, mais l'exécution en est un élément non moins important, et là encore le Génie civil a apporté à cette œuvre un concours tout à fait exclusif, dont nous devons lui être d'autant plus reconnaissant qu'il a été peu fructueux. La grandeur du but à atteindre, le sentiment que nous avions tous de la période de calme et du bien-être que le succès devait procurer à notre chère patrie ont été les plus puissants stimulants du concours si empressé que nous avons rencontré dans toutes les branches de l'industrie, et ces sentiments de dévouement, que le travail et l'amour du pays peuvent seuls surexciter à un si haut degré, nous les avons trouvés développés dans les chefs comme dans les ouvriers, dont nous ne pourrons jamais assez louer le zèle et l'empressement tout à fait exceptionnel à contribuer au succès qu'il fallait à tout prix remporter.

Les noms des puissantes sociétés de Fives-Lille et de Cail si bien représentées dans notre société par MM. Lantrac, Mathelin, Barbet et Bougault resteront intimement liés au succès obtenu, avec ceux des Gouin, Fouquet, Godfernaux, Bodin, Manguin, Marsaux, Petit, Baudet, Donon, Moisant, Rey, d'Eichtal, de Schryver, Moreau, Yvon Flachat, Adhémar Duclos et Driout, tous des nôtres, et dont les établissements nous ont donné un si précieux et si utile concours. Ce concours n'a pas été moins dévoué du côté des forges et fonderies, où pour presser les livraisons des travaux destinés à l'Exposition, on n'a jamais hésité à négliger des commandes presque toujours plus avantageuses. Que les usines du Creusot, de Fourchambault, de Franche-Comté, de MM. Fould-Dupont, les usines de Montataire, les hauts fourneaux de Maubeuge, de la Providence, de Vézin-Aulnoye, de MM. Sirot-Mallez, qui nous ont prêté leur concours empressé et se trouvent toutes représentées dans notre Société, reçoivent ici une nouvelle expression de tous nos remerciements.

J'aborde, enfin, mes chers Collègues, l'exposé des principes qui nous ont guidés dans l'étude des ossatures des palais de l'Exposition.

L'emploi du fer dans les constructions des charpentes date de loin, mais n'a commencé à prendre une certaine extension que depuis l'établissement des chemins de fer et les progrès réalisés dans le laminage du fer.

L'art de la charpente métallique n'existait pas il y a un siècle: on rencontrait d'habiles serruriers, mais on ne connaissait pas le fer laminé ni les procédés employés depuis pour le couper, le percer et l'ajuster dans des conditions économiques. Les combles du Théâtre-Français furent, il est vrai, établis en fer vers cette époque, mais ce fut en fer forgé et la construction en devint si coûteuse que lorsqu'il s'agit, en 1809, de refaire la coupole de la Halle aux Blés, détruite par un incendie,

[illegible] construire en fonte de fer. Permettez-moi de rap-peler [illegible] que les voussoirs en fonte de cette coupole furent fondus [illegible] établissements du Creuzot situés à Montcenis qui, à cette époque [illegible] comptait parmi les établissements les plus importants du pays. Le remplacement du bois par le fer s'imposait cependant de plus en plus, car le bois, en outre des dangers d'incendie, exige des frais d'entretien considérables et ne se prête pas d'une manière simple et facile à la couverture d'espaces à grandes portées. Et comme la marche en avant de l'humanité est corrélative d'un besoin constant d'accroissement de bien-être [illegible], de concentration des populations et d'une augmentation considérable dans les dimensions, non seulement des habitations [illegible] et des rues, mais aussi et surtout des lieux où le public se réunit, on a depuis le commencement de ce siècle eu constamment à se préoccuper des moyens d'augmenter les portées des constructions et de substituer d'une manière économique le fer au bois dans les charpentes. La première grande transformation que les ingénieurs ont apportée dans l'établissement des charpentes a été faite par Polonceau [illegible] notre honorable collègue ici présent continue si brillamment les traditions de travail et de progrès dans la grande industrie des chemins de fer. En soutenant les arbalétriers au moyen de bielles en fonte ou [illegible] a permis d'augmenter dans une grande proportion la longueur de ces arbalétriers et, par suite, l'ouverture des fermes.

Baltard, en construisant les Halles Centrales, tout en métal, a créé un nouveau type d'architecture qui, lui aussi, a servi de modèle à beaucoup d'autres du même genre et a été le point de départ de l'établissement d'un grand nombre de halles et marchés, non seulement sur tous les points du territoire, mais aussi à l'étranger.

Mais toutes ces constructions se présentaient dans des conditions [illegible] plus ou moins coûteuses lorsqu'on voulait les appliquer à de grandes portées, elles exigeaient des travaux de forge et d'ajustage [illegible] à faire subir aux pièces de fonte peu compatibles avec la [illegible] d'exécution rapide et à bon marché. La fonte qui se prête parfaitement à la décoration architecturale demande, du fait des modèles, beaucoup de temps pour être fondue et travaillée; elle exige de grandes précautions dans les coltinages; son emploi doit donc être restreint au strict nécessaire dans les constructions destinées à être élevées rapidement et économiquement.

Les progrès les plus remarquables dans l'établissement des charpentes ont été réalisés dans les constructions de nos Expositions successives de 1855, 1867 et 1878. En 1855 on édifiait sous la direction de Barrault, le premier modèle de ferme en arc métallique à grande portée et l'impression produite par cette nef de près de 50 m fut très grande et servit à son tour de point de départ à l'étude de bien des fermes en arc.

En 1867, de nouveaux progrès sont réalisés en simplifiant les profils donnés aux pièces et les assemblages entre ces dernières. La question économique dans le prix d'établissement de la construction jouant un grand rôle, on s'attache de plus en plus, dans l'étude des projets, à éviter les pièces de forges et à substituer le fer à la fonte dans la composition de bien des éléments qu'on était habitué à fabriquer avec cette der-

nière matière. Le fer se prête, en effet, bien mieux que la fonte à la construction économique de piliers ou supports rigides de grandes dimensions constituant de véritables coffres destinés à servir d'appuis. Il rend, en outre, les assemblages avec les pièces voisines plus faciles et permet de leur donner à peu de frais une rigidité que l'on n'obtient avec la fonte que moyennant des dispositions compliquées et coûteuses.

Il supporte bien plus facilement les vibrations auxquelles les constructions industrielles sont soumises, surtout lorsqu'elles sont exposées à des vents violents; les pièces en fer sont, de plus, d'une fabrication bien plus rapide et exigent bien moins de précautions dans les transports et montages.

M. Krantz a réalisé ces perfectionnements en très grande partie dans ses fermes de 35 m d'ouverture et 25 m sous clef, qu'il projeta pour l'Exposition de 1867. Mais en reportant les tirants au-dessus des arcs, il ne s'est pas complètement affranchi de l'emploi de ces organes qui sont coûteux de fabrication et créent des points faibles dans les constructions par les soudures que leur fabrication comporte forcément.

L'Exposition de 1878 réalise un nouveau progrès; notre très regretté collègue et ancien Président, de Dion, établit pour la galerie des Machines des fermes continues en tôle, arquées dans le haut, droites dans le bas et dans la composition desquelles il n'entre plus de tirants. Ces fermes, d'une ouverture de 35,60 m, donnent sous clef une hauteur disponible de 22 m, et ce n'est pas sans une certaine émotion que j'ai relu l'exposé si clair et si lucide qu'il faisait du haut de ce fauteuil le 5 janvier 1877 de la méthode nouvelle qu'il avait imaginée pour en calculer les dimensions. M. de Dion laissera parmi nous le souvenir de l'un des Ingénieurs qui ont le plus honoré notre profession, et permettez-moi, à ce propos, de rappeler l'extrait suivant de son discours expliquant les développements dans lesquels il entrait, et que je ne puis que m'approprier pour justifier les détails que je crois devoir vous donner à mon tour :

« Si j'ai cru pouvoir vous entretenir, peut-être trop longuement, d'un » sujet spécial, dit-il, c'est que la Société des Ingénieurs civils a joué » dans cette question un rôle considérable qu'il importe de ne pas lais- » ser dans l'oubli. Comme c'est à des Ingénieurs civils, nos collègues » et nos maîtres, qu'appartient l'initiative de l'application sur une » grande échelle du fer dans les constructions, c'est devant vous que » les études théoriques auxquelles ces travaux ont donné lieu, ont été » exposées tout d'abord avec le plus de soins et de détails. »

Les types de construction imaginés par *de Dion* étaient légers, faciles de fabrication et d'un aspect satisfaisant; aussi ont-ils été imités depuis dans un très grand nombre de circonstances. Si nous ne l'avons pas fait, c'est que les données du problème que nous avions à résoudre étaient aussi exceptionnelles que l'époque dont on se proposait de fêter le centenaire et ne s'harmonisaient pas avec les solutions adoptées par notre prédécesseur.

Pour élever, en effet, à la mémoire de nos pères un monument digne en tous points du souvenir qu'il s'agissait de fêter, on avait, comme nous l'avons déjà dit, projeté des palais présentant des dimensions dépassant

tout ce qui avait été fait jusqu'à présent, et il s'agissait, pour nous autres ingénieurs, d'étudier et faire exécuter leurs ossatures dans un temps relativement faible, et avec des ressources données *a priori* et qu'on désirait beaucoup ne pas augmenter. Quelques chiffres sont nécessaires pour bien faire ressortir ces différences (1).

Tandis que le cube des bâtiments de l'Exposition de 1878, ayant leurs similaires dans celle de 1889, ne dépasse pas un volume de 2913 700 *m*³ pour une surface couverte par ces bâtiments de 225 075 *m* superficiels, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 12,95 *m* en nombre rond, le cube des trois groupes de palais correspondants construits en 1889 a dépassé 4 378 000 *m*³ pour une surface totale couverte de 213 397 *m* superficiels, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 20,50 *m*. Et comme les fermes de 1889 ne devaient, pas plus que celles de 1878, être supportées par des appuis en maçonnerie, il y avait là un sujet de recherches d'autant plus intéressantes à faire que les squelettes de ces différents palais, composés tout en fer et fonte, devaient supporter l'action de charges accidentelles plus considérables que celles admises en 1878. La dépense, en 1878, s'était élevée à une somme de 13 092 000 *f* pour un tonnage fourni de 27 870 *t*, ce qui, par tonne, répondait à une dépense moyenne de 47 *f* par cent kilogrammes, un poids au mètre carré couvert de 123 *k* et un poids moyen au mètre cube abrité de 9,56 *kg* de fontes et ferrures; on ne voulait pas dépasser, en 1889, pour le métal, une somme beaucoup plus forte.

Les portées et hauteurs des fermes de 1878 répondaient à sept types, définis par des portées de 35 *m*, 25 *m*, 15 *m*, 12 *m*, 7 *m* et 5 *m*, et caractérisés par des hauteurs sous clef de 22 *m*, 12,50 *m* et 7 *m*.

En 1889, nous avons eu à étudier la composition de 11 fermes de 114 *m*, 54 *m*, 30 *m*, 25 *m* et 15 *m*, avec des hauteurs sous clef de 45 *m*, 28,20 *m*, 23,47 *m* et 13,20 *m* pour les fermes de 25 *m*.

Pour aller vite, procéder sûrement à une répartition rationnelle de la matière, pouvoir répondre de la stabilité de la construction et obtenir des prix avantageux, il fallait imaginer des dispositions ne comportant que des calculs simples, n'admettre que des hypothèses dont la réalisation fût assurée, composer les éléments de la construction avec des fers de qualité courante, ne subissant que le minimum possible de main-d'œuvre, et, surtout, n'ayant pas à supporter un mode de travail incompatible avec leur qualité physique, et n'adopter enfin, dans le travail des fers, que des façons dont la bonne exécution pût être facilement vérifiée.

Les hypothèses simples sont les seules dont la réalisation soit assurée et auxquelles répondent des profils de fermes toujours satisfaisants au point de vue de l'aspect parce qu'elles conduisent à des formes dont on comprend la raison d'être. C'est pour cette raison que nous n'avons admis, dans nos études, que ce genre d'hypothèses.

Au point de vue de la construction, nous avons considéré que la suppression des tirants s'imposait sous le double rapport de l'économie et de la sécurité. Lorsque les tirants sont fabriqués en fer rond, il faut, en effet, pour les assembler aux arbalétriers, des chapes, des parties file-

(1) Les chiffres indiqués dans le procès-verbal provisoire du 3 janvier n'étant pas définitifs, ceux du présent mémoire doivent être seuls considérés comme bons.

tées, des écrous, boulons et autres organes qui, en plus de façons coûteuses, forcent à composer les tirants de morceaux soudés l'un à l'autre, ce qui crée des chances d'acctdents pour chacune de ces soudures, qui peut venir à manquer à un moment donné. La présence des tirants diminue l'importance des dimensions à donner aux appuis, mais il est facile de démontrer qu'à partir d'une certaine portée, l'économie est tout entière dans le renforcement des appuis. Cette suppression permet de plus de dégager les parties hautes de la ferme de tout obstacle créé à la vue et prête à des motifs de décoration qu'on est souvent bien aise de se réserver. Nous nous sommes attachés, en outre, à composer nos poutres de manière à n'avoir à faire subir aux pièces aucune inflexion ou travail quelconque de forge ; cette manière de procéder force à interposer des fourrures dans les vides laissés entre les pièces placées les unes sur les autres, mais l'accroissement de poids qui en résulte est largement compensé par la diminution du prix unitaire de la matière du fait de la main-d'œuvre.

Nous étant trouvés, dans les projets de fermes à grandes portées que nous avions à étudier, en présence de profils incompatibles avec les hypothèses faites dans l'établissement des formules sur les poutres courbes, sur la continuité dans les sections et sur les rapports plus ou moins grands qu'il faut conserver entre leurs épaisseurs et les rayons de courbure de la fibre moyenne, nous n'avons pas fait usage dans nos calculs de ces formules, et nous avons été d'autant plus engagés à procéder ainsi que nous ne pouvions pas compter davantage sur une fixité absolue des supports sur lesquels on appuyait les constructions, et cela, à cause des nombreux remaniements que le sol du Champ-de-Mars a subis dans ce siècle. Pour ne pas avoir à appliquer les formules sur les poutres courbes, dans le calcul de nos fermes, nous avons substitue aux poutres continues, formant généralement la ferme, un système constitué simplement par deux volées de grues articulées à leur pied et venant buter l'une contre l'autre par l'intermédiaire d'une troisième articulation. Cette disposition, qui a l'avantage de rendre le calcul des efforts dans chaque section extrêmement simple, facile et rapide, permet de procéder à une répartition rationnelle et sûre de la matière; elle présente en outre le très grand avantage de ne pas correspondre à une augmentation sensible des fatigues molécnlaires dans les pièces de l'ossature, lorsqu'une dénivellation légère se produit dans les appuis, ou qu'il survient une modification dans la température du milieu renfermant la construction. Elle exige, par contre, quelques compléments dans les contreventements; mais ces précautions sont peu de chose à côté de l'économie qu'on peut réaliser par suite d'une répartition rationnelle et absolument sûre de la matière.

C'est en nous conformant à ces principes que nous avons étudié les détails de construction des fermes de 115 *m* et de 51 *m*. Un malentendu dans la construction des fondations des fermes de 51 *m*, qui se sont trouvées établies avant l'étude de l'ossature métallique et insuffisantes pour résister à la poussée des fermes, a conduit à réunir les pieds de ces dernières par un tirant placé sous le sol. Mais ce tirant aurait pu être supprimé très facilement moyennant une faible transformation dans les fondations, si cette transformation avait été encore possible.

Les fermes de 25 m et celles de 30 m aboutissant à la galerie des Machines ont été étudiées en s'imposant la condition de faire simplement reposer sur leurs appuis le système constituant les deux rampants de la ferme. Cette hypothèse amène à renforcer les dimensions de la ferme [illegible] dans la section milieu qui se trouve être alors la plus fatiguée, mais elle n'est pas incompatible, loin de là, avec un effet architectural agréable et permet de dégager toute la partie haute de l'espace [illegible] par la ferme ; les spécimens construits dans le Champ-de-Mars montrent qu'au point de vue de l'aspect, ce type de construction peut donner toute satisfaction. Il conduit, pour la ferme proprement dite, à [illegible] de poids sur la disposition avec tirants et contrefiches, mais le prix unitaire de la pièce ainsi constituée est moindre, et l'absence des [illegible] sur la rupture possible des soudures ajoute à ce système un avantage qui n'est pas à dédaigner.

Le peu de temps dont on disposait pour l'étude et l'exécution des nombreuses et importantes charpentes métalliques qui devaient être édifiées dans le Champ-de-Mars faisait de cette simplicité dans les hypothèses et dans le mode de construction une nécessité de premier ordre. Les résultats obtenus ont été on ne peut plus satisfaisants, et les types produits, à la hauteur du but à atteindre sous le double rapport de l'aspect et de la solidité. [illegible] il est vrai que tout ce qui accuse la vérité et essaye de réaliser la stabilité par les procédés les plus simples conduit forcément au beau et au rationnel.

Les chiffres qui suivent montrent combien, tout en assurant une parfaite stabilité aux constructions, les solutions adoptées ont justifié nos prévisions économiques, en même temps qu'elles donnaient satisfaction aux exigences architecturales et artistiques.

Le palais des Machines couvre un espace total de 62 013 m² et comporte une surface de 17 235 m² de planchers de galeries. Son ossature métallique a exigé la fourniture et la mise en place d'un poids de 12 [illegible] kg de fontes et ferrures ayant coûté 5 443 208 f en nombre rond. Le poids au mètre carré couvert est donc revenu à 208 kg et comme le volume abrité par ce palais représente 2 019 000 m³, le poids du métal par mètre cube abrité représente 6,32 kg.

Mais il y a lieu de remarquer que le poids des verrières est considérable et que celui des galeries latérales, avec un étage, dont le plancher a été calculé pour supporter 500 kg par mètre carré, est lui-même très grand. Si on ne considère que *la grande nef constituée* par ses fermes et son ossature, on trouve un poids de 7 713 832 kg répondant pour une surface couverte de 48 119 m² à un poids par mètre carré de :

160,30 kg

et pour un volume abrité de 1 7[illegible] m³ à un poids par mètre cube de :

4,40 kg.

Le prix moyen de la construction s'étant élevé à 42 centimes le kilogramme, le prix du mètre couvert de la nef centrale ne ressort qu'à :

67 f.

En 1878, la galerie des machines couvrait 45 924 m² et abritait un volume de 904 702 m³ ; elle comportait un poids de 7 000 t de fontes et

ferrures ayant coûté 4 210 000 *f*, soit 55,10 *f* par kilogramme ; elle est donc revenue à :

165 *kg* par mètre courant coûtant 91,10 *f* et à 8,40 *kg* par mètre cube abrité.

Les conditions de résistance étant établies dans l'hypothèse d'une surcharge de neige de 50 *kg* par mètre carré de couverture ou d'un vent de 120 *kg* par mètre carré de section normale à sa direction, on reconnait, à l'examen de ces chiffres combien la répartition des matières a dû être rationnelle et le mode de construction adopté facile d'exécution, pour que toute compensation faite, l'avantage reste acquis au palais de 1889. Le progrès en avant qu'on se proposait de réaliser l'a donc été, et il a été obtenu en témoignant simplement une confiance de plus en plus grande aux vérités éternelles enseignées par la science.

Les palais abritant les industries diverses couvrent une surface de 106 284 *m²* dont 2 800 comportent des caves. Le poids total du métal entrant dans la construction de ces ossatures représente 9 357 140 *kg* ayant coûté en moyenne 33 *f* les 100 *kg*. Le volume total abrité par ces bâtiments étant de 1 328 990 *m³*, il résulte de ces chiffres qu'à chaque mètre carré de ces palais répond une moyenne de 88 *kg* de métal représentant une somme de 29,79 *f* et qu'à chaque mètre cube abrité répond un poids de 7,04 *kg*.

Si de ces chiffres on défalque le dôme central dont la construction représente un poids de 1 046 406 *kg* pour une surface avec ses annexes de 1 794 *m²*, soit de 572 *kg* par mètre carré couvert et un poids de 17,56 *kg* par mètre cube abrité, puis les pavillons d'angles auxquels répondent un poids au mètre carré couvert de 1 002 à 1 142 *kg* et des poids au mètre cube abrité de 47 et 50 *kg* on ne trouve plus que :

162 kg au mètre carré couvert et 7,15 *kg* au mètre cube abrité par la galerie de 30 *m* conduisant au palais des Machines et dont la hauteur moyenne est de 22,60 *m* ;

140 kg au mètre carré couvert et 6,70 *kg* au mètre cube abrité pour les galeries de 15 *m* à fermes circulaires dont la hauteur moyenne est de 16,40 *m* ;

72 kg au mètre carré couvert et 6,40 *kg* au mètre cube abrité pour les fermes de 25 *m* auxquelles répond une hauteur moyenne de 11,25 *m* ;

Et moins de 60 kg au mètre carré couvert pour les fermes de 15 *m* à 2 rampants.

En 1878, les industries diverses recouvraient 145 078 *m* et abritaient un volume de 1 390 818 *m³* ; elles ont comporté la mise en œuvre de 13 832 *t* de fontes et ferrures ayant coûté 5 172 000 *f* soit 37,4 *f* le kilogramme.

A ces chiffres répondent un poids moyen au mètre carré couvert de 96 *kg* et un poids au mètre cube abrité de 9,88 *kg*. Il y a lieu de remarquer en outre que la presque totalité de la surface de cette partie du palais se trouvait sur des caves recouvertes d'un plancher en fer.

Mais il n'en est pas moins vrai que si l'on rappelle que la hauteur moyenne de ces constructions n'a pas dépassé 9,6 *m*, tandis que celle de nos industries diverses est de 12,50 *m* et comporte des parties extrêmement lourdes, on reconnait que là encore les principes appliqués sont tout en faveur de 1889.

Les palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, enfin, recouvrent une surface totale de 45 100 m^2 superficiels comportant 21 212 m^2 de planchers pour les galeries du premier étage, devant pouvoir supporter 500 *kg* par mètre carré et 1 600 *m* de caves recouvertes également de planchers calculés pour les mêmes charges.

La hauteur moyenne des constructions de ces palais est de 22,85 *m* et le cube abrité, en y comprenant les Dômes, de 1 030 583 m^3. Ils ont coûté, du fait du métal, environ 3 581 699 *f*. soit en moyenne 0,39 *f* par kilogramme.

Le poids des Dômes et de leurs annexes est de 2 179 794 *kg*, ce qui répond pour les 8 784 mètres carrés couverts à un poids par mètre de 248,26 *kg* et un poids par mètre cube abrité de 11,74 *kg*.

Le poids des salles et galeries est de 6 939 531 *kg*, ce qui, pour une surface de 36 320 *m*, représente un poids au mètre carré couvert de 191 *kg*, et un poids par mètre cube abrité de 8,2 *kg*. Ce genre de construction se trouve donc caractérisé par un poids moyen au mètre carré, compris les dômes, de 202 *kg* et un poids par mètre cube abrité de 8,85 *kg*. Le mètre carré couvert ne revient, du fait du métal, qu'à 78,87 *f*.

Aucune construction similaire n'ayant été élevée dans l'enceinte du Champ-de-Mars au moment de l'Exposition de 1878, nous ne pouvons que faire remarquer combien ces chiffres, eu égard à la hauteur moyenne considérable de ces constructions et à l'importance qu'y jouent les planchers et les dômes, se trouvent relativement faibles. Les pavillons des Beaux-Arts n'avaient en 1878 qu'une hauteur moyenne de 10 *m*, il n'y a donc pas, comme nous le disions, de comparaison à établir avec eux.

En résumé, il résulte de ces chiffres que les bâtiments qui ressortaient du service des constructions métalliques ont représenté un poids total de 31 242 280 *t* en nombre rond, recouvrant une surface de 213 397 m^2 et abritant un volume total de 4 378 759 m^3, ce qui répond à une hauteur moyenne de 20,50 *m*. Ils coûteront 12 151 218 *f* du fait du métal, c'est-à-dire qu'ils ne reviendront pas à beaucoup plus de 0,38 *f* comme prix moyen des fontes et ferrures mises en place.

Le poids moyen du mètre carré couvert de l'ensemble de ces constructions aura donc été de 146 *kg* et son prix de 56,92 *f*. Le poids du mètre cube moyen abrité ne se sera élevé qu'à 7,13 *kg*.

En 1878 on a employé, comme nous l'avons déjà dit, pour la construction des bâtiments similaires recouvrant une surface de 225 075 *m*, et cubant 2 913 694 *m*, ce qui répond, à une hauteur moyenne de 12,94 *m*, au poids de 27 870 *t* ayant coûté 13 092 000 *f*, soit 47 *f* en moyenne. Le poids moyen du mètre carré couvert a donc été de 123 *kg* et le prix de 58,20 *f*. Quant au poids du mètre cube abrité, il a été de 9,56 *kg*.

L'avantage reste donc bien acquis à l'Exposition de 1889.

Nous avons essayé, en apportant notre modeste concours à l'homme éminent auquel incombait la belle mais redoutable mission de construire notre magistrale Exposition, de répondre de notre mieux au témoignage de confiance qu'il donnait ainsi au Génie civil. La responsabilité à encourir était grande, car les souvenirs de 1878 étaient là encore tout vivants; notre Société n'avait pas seulement contribué comme toujours à cette époque au succès même de l'Exposition, elle y avait été de plus

très brillamment représentée par notre excellent collègue M. Bourdais et notre ancien Président de Dion dans le haut état-major chargé de la construire. Il fallait maintenir notre bonne renommée et, si possible, contribuer à l'accroître.

Grâce au concours de nos amis et collaborateurs et à celui de tous ceux d'entre vous qui, ayant été appelés à participer à nos travaux, se sont laissé entrainer, par la grandeur du but à atteindre, à nous aider non plus en entrepreneurs mais en amis, nous avons atteint le but assigné à nos efforts : nous sommes arrivés dans les délais prescrits et n'avons pas dépassé les crédits alloués, tout en aidant à réaliser des constructions marquant une nouvelle étape en avant.

Le succès très grand remporté par le Génie civil dans l'édification de cette œuvre, il le doit uniquement au travail. C'est le travail qui fait notre force et c'est le travail qui nous donne les plus belles récompenses que nous puissions ambitionner, en nous faisant éprouver le sentiment de très grande fierté du devoir accompli et la douce satisfaction de gagner l'estime et l'amitié de nos amis. Encourageons et honorons donc le travail, car c'est lui qui nous procure les moyens les plus sûrs de rendre heureux ceux qui nous entourent et qui permet à chacun de nous de contribuer dans la mesure de ses forces et de ses moyens à la grandeur et à la prospérité de la patrie. *(Bravo ! Bravo ! applaudissements prolongés.)*

Pour se conformer à l'ordre du jour, M. le Président demande s'il n'y a pas d'observations sur les procès-verbaux des séances des 6 et 20 décembre dernier.

Aucune observation n'étant présentée, les procès-verbaux sont adoptés.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société que, depuis sa dernière réunion, elle a perdu cinq de ses membres : MM. Adolphe Meyer, L.-S. Chameroy, A. Proveux, V. E. Gaupillat et E. Biver, ayant occupé en France et à l'étranger des positions importantes.

Des notices spéciales, retraçant la vie si bien remplie de ces collègues, seront publiées dans nos bulletins, mais, en attendant, M. le Président demande à dire quelques mots sur l'un d'entre eux qui nous était tout particulièrement sympathique.

E. Biver était, vous le savez, un des membres de la Société qui lui faisaient le plus d'honneur; il attachait une très grande importance à l'estime qu'elle avait pour lui. M. Biver dirigeait une exploitation de houilles et de lignites dans le Midi, et, malgré son état de maladie, il a voulu continuer à surveiller les travaux commencés et en faire les honneurs à une Commission qui était venue examiner certains points particuliers. C'est dans la visite d'un tunnel en percement qu'il a contracté le mal qui l'a emporté en quelques jours. M. Biver, dont la famille a de nombreux représentants dans notre Société, et qui comptait parmi nous beaucoup d'amis, laissera de vifs regrets derrière lui, et je suis certainement l'interprète de tous ceux qui l'ont connu, en adressant à sa famille nos plus affectueuses condoléances. *(Approbation.)*

M. le Président est heureux de pouvoir annoncer la nomination de M. Eugène Pereire au grade de commandeur dans l'ordre de la Légion d'honneur.

... patriotique influence que depuis de longues années il ... questions de navigation à vapeur et les services qu'il a ... industrie et, en particulier, à celle du gaz, nous rendent ... particulièrement sympathique.

La Compagnie Transatlantique, qu'il a tant aidé à créer, est l'une de ... plus respecter et aimer notre pavillon et l'une de ... plus d'honneur aux Ingénieurs français qui en ... la construction. Nous ne pouvons donc qu'applau... si méritée accordée à son honorable Président.

... pas sans un moindre plaisir qu'il annonce la nomination de ... industriels, M. E. Cauvin, au grade d'officier de la ...

... au grade d'*Officiers d'Académie* :

... MM. ... L. Cahen-Strauss, A. Lachaut, P.-A. Mallet, ... F. Ferrand, F. Bauer.

... *Chevalier de l'ordre de Léopold* (Belgique) :

... M. B. Vaz...

... *Membres du Comité consultatif des chemins de fer pour* ...

... MM. Ch.-F. Dietz Monnin, A.-L.-J. Guillotin, A. Gottschalk, E. Le... M... A. F. Poirrier, Ch. Prevet, F. Reymond, Th. Vil...

... *Membres de la Commission supérieure des expositions internationales* :

... MM. ... Ch. F. Dietz Monnin, A.-L.-J. Guillotin, Ch. Pre... A. F. Poi...

... ces derniers collègues nous sont particulièrement chers : ... personne ils aident au prestige et à la bonne renommée de ... Société, nous ne pouvons donc qu'applaudir à ce témoignage ... caractère ainsi qu'à leur valeur professionnelle.

M. le Président est heureux d'informer la Société que l'exemple donné ... de nos collègues a été suivi, et qu'à ceux qui ont déjà ... la Société les bons souscrits par eux à l'emprunt de ... il ajouter aujourd'hui :

M. ... qui fait abandon de 20 bons ; M. P. Jousselin qui en ... M. H. B... de Massy, 1 ; M. L. Clermontot, 2 ; M. A. ...

... la Société, M. le Président adresse à chacun de ces ... ses vifs remerciements.

... ensuite lecture d'une lettre par laquelle M. S. Périssé an... sa nomination en remplacement de notre regretté ancien Prési... M. ..., comme président de l'*Association des Industriels de France contre les accidents du travail*. M. Périssé ajoute :

Vous savez que le but de cette Association est de prévenir les acci... qui peuvent frapper les ouvriers dans leur travail, en les leur ...

» les moyens les plus efficaces de préservation et en les faisant adopter
» par les industriels dans l'intérêt de tous. Les adhérents vont sans
» cesse en augmentant, tant à Paris que dans les départements.

» J'aime à penser que le caractère humanitaire, et d'utilité publique
» de cette Association d'initiative privée, vous amènera à communiquer
» cette lettre à notre Société. »

M. le Président donne connaissance d'une lettre de M. de Coëne qui dépose à la Bibliothèque l'importante « Monographie du régime hydraulique de la Seine maritime », par M. Belleville, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il est donné ensuite lecture d'une lettre par laquelle les Ingénieurs Portugais remercient chaleureusement la Société de l'accueil qui leur a été fait à Paris, à l'occasion de l'Exposition.

M. le Président dépose sur le bureau une très belle médaille commémorative de la participation du Mexique à l'Exposition de 1889, qui est offerte à la Société, par la Commission mexicaine ; il adresse les remerciements de la Société à la Commission au sujet de ce précieux témoignage de la sympathie qui unit les Ingénieurs des deux pays.

Rien n'étant plus à l'ordre du jour,

La séance est levée à dix heures un quart.

Séance du 17 janvier 1890.

Présidence de M. V. Contamin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal du 3 janvier est adopté.

M. le Président constate avec regrets que la mort continue à éclaircir nos rangs ; elle nous a enlevé depuis notre dernière réunion quatre nouveaux collègues :

M. G. Hirn, le savant professeur, dont nous avons à bien des reprises admiré et étudié les beaux travaux sur la chaleur, est mort cette semaine à Colmar ; notre collègue, M. Grosseteste, a bien voulu se charger de représenter la Société à ses obsèques et de lui adresser en notre nom un dernier adieu ; nous publierons son discours dans notre Bulletin et le remercions au nom de la Société d'avoir bien voulu être l'interprète de nos sentiments dans cette triste circonstance.

M. Antoine Durenne, qui a tant aidé aux progrès réalisés dans la grande industrie de la chaudronnerie dont il peut être considéré comme l'un des fondateurs, vient, lui aussi, d'être enlevé à l'affection de sa famille et de ses fils dont l'un, le grand constructeur, si honorablement connu et si estimé, est l'un de nos collègues. Qu'il reçoive ici l'expression de la très grande part que nous prenons à sa douleur.

M. Gotendorf, si dévoué aux intérêts de notre Société, et qui nous a prêté un concours tant apprécié pendant la réception des Ingénieurs étrangers, est mort il y a quelques jours, et c'est de tout cœur que nous nous associons aux regrets que la perte de cet homme de bien et de cet ingénieur distingué cause à sa famille.

M. M. Gerest, un de nos plus jeunes collègues, vient d'être enlevé à l'affection des siens. Il avait devant lui un avenir qu'il espérait rendre brillant ; la mort vient de le briser.

Elle vient d'éprouver bien cruellement enfin l'un de nos collègues les plus estimés par sa haute valeur professionnelle et la noblesse de son caractère ; que M. E. Polonceau reçoive ici l'expression de nos condoléances les plus respectueuses et les plus affectueuses.

M. le Président est heureux de pouvoir annoncer les nominations suivantes :

Au grade de *chevalier de la Légion d'honneur*, MM. A. Delaperrière, Ernest Paul et Jules Japy ;

Au grade de *chevalier du Mérite agricole*, M. Alfred Duboul ;

Au grade d'*officier d'Académie*, M. Francis Fabre ;

Et au grade de *commandeur du Nicham Iftikhar*, M. Alfred Berthon ;

Puis comme membre du *Comité permanent du Congrès des Accidents du Travail*, à titre de représentant de la Société des Ingénieurs civils, M. Francisque Reymond, notre ancien Président.

M. le Président constate que les abandons faits à la Société des bons souscrits à l'emprunt de 75 000 francs se multiplient, et il adresse ses vifs remerciements à MM. H. Mathieu, qui abandonne 5 bons ; à M. Ch. Lucas, qui en abandonne 4 ; M. J. Fleury, 2 ; M. Chauvel, 2 ; M. Lalance, 1.

M. le Président dépose sur le bureau les ouvrages reçus depuis la précédente séance et dont la liste figure plus loin.

M. le Président donne la parole à M. L. Boudenoot pour sa communication sur *les Travaux du Congrès International de Mécanique appliquée*.

M. L. Boudenoot, au nom du Bureau du Congrès dépose les *procès-verbaux sommaires du Congrès de Mécanique appliquée*, publiés par les soins de M. A. Tresca, secrétaire du Congrès. Il annonce, d'ailleurs, qu'une publication plus étendue, comprenant les comptes rendus des séances, et le texte des Conférences et communications est en préparation. Il insiste sur le nombre considérable de membres de la Société qui ont pris part à des titres divers à la préparation et aux travaux du Congrès (dix-neuf membres du Comité sur vingt-huit, six membres du bureau sur sept dont les trois Vice-Présidents. MM. Gottschalk, Farcot et Polonceau et les trois Secrétaires, MM. A. Tresca, de Nansouty et Boudenoot).

Divisé en *trois sections*, le Congrès a tenu sept séances générales : et chaque section s'est réunie également presque tous les jours.

La *première section* était appelée à s'occuper spécialement de la *machine à vapeur* :

1° De ses progrès depuis 1878 (Rapport de M. E. Polonceau) ;

2° Plus particulièrement des machines à détente dans plusieurs cylindres successifs (Rapport de M. Mallet) ;

3° Et, à un point de vue plus théorique, de l'unification du cheval-vapeur (Rapport de M. A. Tresca) ;

La *seconde section*, des *chaudières à vapeur* et des méthodes d'essais appliquées aux matériaux employés à la construction des machines et des chaudières.

La *troisième section* avait un champ plus vaste encore ; elle était désignée pour s'occuper des machines thermiques autres que celles à vapeur, des machines produisant le froid et de leurs applications ; et enfin des transmissions à distance et distributions du travail par les procédés autres que l'électricité.

M. Boudenoot, prenant successivement les séances de chaque section, puis les séances générales, résume les nombreuses communications et discussions qui ont occupé chacune des journées.

Il insiste plus spécialement sur ceux des sujets qui ont été l'objet de votes.

Après la discussions de deux communications de MM. Phillips et Cornut, relatives *aux essais de matériaux*, le Congrès à émis les deux vœux suivants :

I. — Les membres du Congrès de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le Gouvernement français prenne, auprès des Gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essai.

II. — Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du Gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

Allant plus loin encore, et frappé des incertitudes qui règnent sur la théorie, et même sur les résultats comparatifs réels des machines à froid, le Congrès a émis le troisième vœu suivant :

III. — Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

Le manque de précision des expressions employées en mécanique avait vivement frappé plusieurs membres du Congrès, M. Boudenoot rappelle à ce sujet les observations qu'il avait cru devoir présenter dans son

[illegible] la transmission de la force, et que M. Tresca avait exposées [illegible] sur l'unification du cheval-vapeur ; et il explique ainsi [illegible] du Congrès ont été amenés, après discussion, à [illegible] 4, 5 et 6 qui suivent :

— 1. Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis [illegible] de supprimer l'expression « cheval nominal ».

[illegible] est très souvent difficile ou impossible de déter[illegible] chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les [illegible] de déterminer avec une approximation [illegible] la puissance d'une machine à vide et en charge, [illegible] que l'on admette de préférence l'expression de la [illegible] de 75 kilogrammètres par seconde.

[illegible] du Congrès international de Mécanique appliquée, [illegible] émettent le vœu que, par un accord unanime, le [illegible] à se préciser de la manière suivante :

1. [illegible] sera employé désormais que comme syno[illegible] duquel tout le monde est d'accord. On [illegible] l'expression *transmission de force* qui se rapporte [illegible] transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* [illegible] de la production du travail par ce moteur, ou, en [illegible] d'un travail par un temps.

2. [illegible] *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que [illegible] suivant sa propre direction.

3. [illegible] *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le [illegible] par le temps employé à le produire.

[illegible] l'expression numérique de ces diverses gran[illegible] le système métrique, les unités sont [illegible]

[illegible] pour unité le *kilogramme* défini par le Comité international [illegible]

[illegible] pour unité le *kilogrammètre*.

[illegible] deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de [illegible] par seconde, et le *poncelet* de 100 kilogrammètres par [illegible]

[illegible] L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une géné[illegible] comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, [illegible] équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe [illegible] spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité ; on [illegible] numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilo[illegible], de la calorie, etc.

[illegible] rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système pré[illegible] différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'établ[illegible] Les trois grandeurs essentielles de toute [illegible] comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la [illegible] la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour [illegible] tout au moins, sans vouloir engager une discussion au [illegible] de la philosophie des sciences, l'effort était une notion [illegible] plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

M. Boudenoot, en finissant, invite nos collègues à se reporter au travail qu'il dépose sur le bureau, pour être inséré aux comptes rendus, s'ils désirent suivre en détail ces intéresantes discussions qui ont définitivement éclairé certains points et qui ont précisé bien des questions dont la solution s'impose. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que les applaudissements qui viennent d'accueillir la communication de M. Boudenoot sont un témoignage éclatant du plaisir avec lequel il a été écouté et de l'attention apportée à suivre les développement dans lesquels il est entré. La Société le remercie de son compte rendu si complet, si bien coordonné, et résumant si élégamment les travaux du Congrès international de Mécanique appliquée ; il sera publié dans notre Bulletin et consulté utilement par beaucoup d'entre nous.

M. le Président donne ensuite la parole à M. A. Barre, pour sa communication sur le *Chemin de fer glissant.*

M. A. Barre. — Messieurs, j'aurai l'honneur de vous entretenir quelques instants du *chemin de fer glissant à propulsion hydraulique*, de Louis-Dominique Girard.

Je ne reprendrai pas en détail la description de toutes les parties de ce système que vous connaissez tous et que la plupart des journaux ont bien voulu publier. Je me bornerai à rappeler les deux principes sur lesquels est basée l'invention : le *glissement* et la *propulsion hydraulique.*

Notions générales

Dans le chemin de fer de Girard, les véhicules sont supportés par des *patins* rectangulaires remplaçant les roues des wagons ordinaires et qui reposent sur des rails de même largeur. Pendant la marche, une mince couche d'eau sous pression est interposée entre ces patins et les rails et détruit ainsi toute espèce de point de contact entre eux. La résistance de traction est réduite alors à son minimum et ne dépasse pas 1 *kg* par tonne.

Tous les véhicules du train, étant ainsi soulevés, sont poussés en avant par des colonnes d'eau horizontales sous pression s'échappant d'ajutages fixes placés sur la voie de distance en distance et qui agissent sur une turbine rectiligne placée sous les wagons dans l'axe de la voie et d'une extrémité du train à l'autre.

C'est le premier wagon qui ouvre les ajutages appelés *propulseurs*, et c'est le dernier qui les referme, de telle façon que cette action de poussée ne s'exerce que pendant le passage du train au-dessus des propulseurs.

Ces derniers sont branchés sur une conduite qui règne tout le long de la voie et qui est alimentée par des chutes d'eau naturelles ou par des machines fixes et des pompes placées à des intervalles plus ou moins rapprochés suivant le profil en long de la voie.

L'eau nécessaire pour entretenir le glissement des patins sur les rails est fournie par la conduite-maitresse, de deux façons différentes suivant les cas :

1° Quand il s'agit d'un chemin de fer à petit parcours, d'un chemin de fer de ville, par exemple, dont les stations ne sont pas éloignées de

[illegible] les unes des autres, un tender spécial alimente [illegible] de chargement fournit l'eau sous pression d'air nécessaire [illegible].

[illegible] quand il s'agit, au contraire, d'un chemin de fer à grand parcours, [illegible] est embarquée en vitesse et s'emmagasine automatiquement dans des réservoirs spéciaux placés sous les voitures.

[illegible] dans ses grandes lignes la description théorique du système [illegible], et je rappellerai également l'économie en quelques mots.

Les wagons glissants sont très légers, comparés aux wagons roulants [illegible] que les pièces métalliques qui entrent dans leur con[illegible] beaucoup moins lourdes que celles des wagons à roues, et [illegible] avant à supporter ni trépidations, ni mouvements de lacets, ni [illegible] sont également d'un poids très réduit.

[illegible] autre côté, un train glissant ne comporte pas de poids inutile [illegible] à celui des locomotives et de leurs tenders.

[illegible] pour transporter un poids utile donné, le système glissant [illegible] seulement un poids mort qui n'est que le tiers environ de [illegible] le système à roues.

[illegible] d'autre part, on ajoute à cet avantage celui qui résulte de la faible [illegible] au glissement, on comprend que la traction des trains glissants présente une grande économie, en palier, sur celle des trains [illegible].

[illegible] admettant qu'on utilise l'eau ayant déjà servi à la propulsion [illegible] alimentation des patins, ce qui me semble possible, on arriverait [illegible] sur cette traction une économie d'environ 90 0/0. En em[illegible] pour cette alimentation, l'eau de la conduite-maîtresse qui est [illegible] pression, l'économie réalisée est encore de 66 0/0 environ.

Enfin, à cette économie, il convient d'ajouter toutes celles résultant [illegible] des roues, des fusées, des boîtes à graisse, des tampons [illegible], des ressorts de traction, du graissage, etc., ainsi que de l'en[illegible] et de la réparation des machines motrices, dont l'ensemble con[illegible] un tantième très important.

Chemin glissant de l'Exposition

Nous allons maintenant examiner les points les plus saillants des [illegible] de la voie glissante qui a fonctionné pendant quatre mois à [illegible] des Invalides. Nous verrons ensuite les observations expérimentales qu'on a pu relever sur cette petite ligne; puis, nous arriverons à la discussion sur le fonctionnement du système; enfin, je [illegible] en disant quelques mots des applications poursuivies et en [illegible] d'exécution.

Disposition des patins

Les patins du chemin de fer glissant de l'Exposition étaient disposés [illegible] à ce que le point d'appui des tiges de suspension [illegible] du plan passant par le centre de poussée.

A cet effet, chacune des tiges pénétrait dans son patin et venait reposer [illegible] d'une douille rentrante dont la partie inférieure affleurait le [illegible] [illegible] à sa partie supérieure un jeu suffisant pour permettre [illegible]

patin d'osciller dans tous les sens autour de la tige. On avait ainsi un patin d'une stabilité complète, absolue, qui était toujours en équilibre parfait et qui pouvait obéir à tous les dévers possibles du rail sur lequel il était maintenu par quatre pattes en acier coulé situées deux en avant et deux en arrière du patin. Notre service de va-et-vient permettait cette disposition de guidage qui doit disparaître dans les applications industrielles, ainsi que nous allons le voir en parlant du rail. Ces patins nous ont fourni un service parfait.

Consommation d'eau des patins

1° *Expériences préliminaires.*

Le 23 novembre 1888, j'ai fait à Senlis, chez M. Gandillon, constructeur, des expériences sur un patin isolé et porté par un rail placé sur deux tréteaux. Le rail était aussi horizontal que possible.

Dans la première expérience, le patin, qui avait 440 *mm* de longueur sur 220 *mm* de largeur, portait un poids de 1 060 *kg*, y compris son propre poids et celui du plateau supportant la charge. La pression dans le réservoir à air comprimé qui servait à l'essai a varié de 3 *kg* à 2 *kg*, mais la pression sous le patin, accusée par un manomètre sensible, est restée invariable et était de 1,800 *kg*.

Cela indique que la surface active du patin n'est ni la surface libre intérieure, ni la surface totale, et qu'elle est une surface intermédiaire entre les deux, ayant une valeur de 588 cm^2 qui correspond à un rectangle de 378 *mm* par 158 *mm* : puisque $588 \times 1{,}8 = 1\ 060$ *kg*, charge portée par le patin.

Ce rectangle présente un périmètre parallèle au contour extérieur du patin et à 31 *mm* de ce dernier. Ce périmètre multiplié par la hauteur de soulèvement du patin, qui est de 0,00075 *m*, constitue réellement l'orifice d'écoulement et, s'il n'y avait pas de contraction par suite des cannelures, le volume d'eau débité serait le produit de la vitesse d'écoulement due à une pression de 1,800 *kg*, vitesse égale à 18,80 *m*, par la section de cet orifice. Le volume théorique d'écoulement serait donc de 15,117 *l*.

Au lieu de cela, j'ai constaté que le débit n'était que de 0,963 *l* par seconde.

De cette première expérience, il résulte que le coefficient de contraction est égal à 0,0637 *l*.

Dans la seconde expérience, le patin portait une charge totale de 360 *kg*, y compris son propre poids. La pression constante accusée par le manomètre sous le patin s'est maintenue à 1 *kg*, ce qui indique que, dans ce second cas, la surface active s'était réduite à 360 cm^2, correspondant à un rectangle de 371 *mm* par 151 *mm*, dont le périmètre, également parallèle aux contours extérieurs du patin, s'en trouvait à 34 1/2 *mm*.

Ce second périmètre multiplié par la hauteur de soulèvement qui est la même, c'est-à-dire de 0,75 *mm*, nous donne l'orifice d'écoulement qui aurait laissé passer par seconde 10,962 *l*, sous la vitesse de 14 *m* due à la pression de 1 *kg*.

Ce débit théorique, multiplié par le coefficient de contraction 0,0637 trouvé dans la première expérience, donne un débit de 0,698 *l*, au lieu

... je l'avais trouvé. J'en ai conclu que le coefficient en question ... et je l'ai employé dans les raisonnements suivants ... en tirer une indication pratique.

... pressions de 1,800 *kg* et de 1 *kg* constatées précédemment ... des surfaces actives différant entre elles d'une certaine ... J'ai admis que, pour une nouvelle pression de 3,600 *kg*, par ... sous le patin, on aurait une surface active plus grande ... correspondant à 1,800 *kg* et dans la même proportion que précé... c'est-à-dire de 680 cm^2, qui représentent un rectangle de 393 *mm* ... mm. ... le périmètre se trouve à 23 *mm* 1/2 du pourtour du ... reste toujours parallèle.

... multiplié par la hauteur constante de soulèvement, de ... mm ainsi que par la vitesse d'écoulement due à la pression et qui ... à 26,70 m, donne un débit théorique de 22,611 *l*. Ce débit, ... par le coefficient de contraction 0,0637, donne une dépense ... 1,442 *l*.

J'en ... tout d'abord une première conclusion, c'est que si l'on veut ... à un véhicule une charge double, il est préférable de doubler ... sous le patin dont le débit devient alors 1,442 *l*) que de ... nombre des patins, ce qui donnerait un débit plus grand de :

$$2 \times 0{,}963\ l = 1{,}926\ l.$$

Dans ce raisonnement ainsi que dans le suivant, je suppose qu'on ... de glissement dans la conduite maîtresse.

J'ai ensuite recherché s'il est avantageux de doubler la surface du patin ... en conservant la même pression lorsque je dis doubler la surface du ... j'entends, bien entendu, la surface active. Si, par exemple, nous ... doubler la surface active du patin dans l'expérience indiquée plus haut, surface égale à 591 cm^2, tout en conservant la même pression ... 1,800 *kg*, nous devrons prendre un patin qui aura une surface active ... 1,182 cm^2. Cette surface active correspondra à un rectangle de 520 *mm* par 229 *mm*, et, comme il y a tout lieu d'admettre que le périmètre de ce rectangle se trouvera à la même distance que dans le premier cas, ... mm du pourtour extérieur du patin, puisque le nombre de cannelures ... leurs dimensions n'ont pas changé, le patin aura comme dimensions extérieures 382 *mm* par 291 *mm*. Il pourra porter une charge égale à :

$$1{,}182 \times 1{,}800\ kg = 2{,}121\ kg \text{ environ.}$$

La vitesse d'écoulement, 18,80 m, appliquée à la section d'écoulement ... par le périmètre du rectangle de 520 *mm* par 229, ainsi que par ... coefficient de contraction trouvé plus haut, donnera un débit pratique ... 1,143 *l* par seconde.

J'en ai tiré cette seconde conclusion, qu'il n'y avait pas d'avantage à augmenter la surface active du patin, qu'il valait toujours mieux augmenter la pression ; d'autant plus que, dans ce dernier cas, en augmentant la surface active du patin, c'est-à-dire ses dimensions extérieures, ... augmentait forcément la largeur des rails, ce qui cause une dépense supplémentaire considérable.

Dans les expériences faites à Senlis, j'ai également constaté que la

résistance au glissement d'un patin isolé n'est pas de 0,500 *kg* par tonne, c'est-à-dire qu'un patin bien équilibré glisse sur une pente de 1/2 millimètre par mètre, une fois l'inertie vaincue.

2° Expériences de consommation d'eau à l'esplanade des Invalides.

Le débit constaté chez M. Gandillon, sur des patins isolés, s'est trouvé confirmé à l'esplanade des Invalides sur notre voie de démonstration.

En effet, le train, composé de deux wagons et d'un tender, était supporté par 14 patins.

Les deux accumulateurs placés sur le tender et contenant l'eau de glissement avaient chacun un diamètre intérieur de 0,72 *m*, 3 *m* de longueur, et 1,221 m^3 de capacité. Un trait rouge tracé sur le verre du tube à niveau à la hauteur des 2/3 de leur capacité indiquait la limite de chargement. L'air, comprimé à 9 *kg*, situé dans le tiers resté libre, permettait par sa détente d'utiliser toute l'eau contenue dans ces accumulateurs. Si, en chargeant les accumulateurs, on y avait introduit un volume d'eau supérieur aux deux tiers de leur contenance, l'air comprimé à leur partie supérieure n'aurait plus eu une détente suffisante pour permettre de les vider complètement d'une manière utile. On ne pouvait donc pas dépasser, je le répète, le trait rouge indiqué sur le tube à niveau. C'est un point important sur lequel j'insiste.

Or, le 20 septembre 1889, le train, étant chargé, a fait trois parcours simples, c'est-à-dire qu'il est parti de l'embarcadère pour descendre au bout de la ligne, puis il est remonté et enfin redescendu; arrivé à la station d'aval, le conducteur a dépassé légèrement la grue d'alimentation. Une fois arrêté, il a constaté que l'eau était encore à 4 ou 5 *cm* au-dessus de la bague inférieure du tube à niveau, c'est-à-dire qu'il lui restait encore environ 200 *l*.

Il n'a pas dû se tromper beaucoup dans son appréciation, car il a été obligé d'ouvrir le robinet d'alimentation des patins pour reculer jusqu'à la grue de chargement. En ouvrant ainsi le robinet d'alimentation, il a empli toute la tuyauterie ainsi que les patins et fait un parcours de 1,50 *m* à 2 *m* environ avec une très faible vitesse. Nous admettrons donc que l'appréciation de 200 *l* restant dans les accumulateurs était exacte.

En même temps, la durée du parcours était relevée au moyen d'un chronomètre à secondes ; on a trouvé qu'en moyenne la durée du trajet, à la descente, était de trente secondes; à la montée, de trente-quatre secondes. Il en résulte que les patins sont restés soulevés un temps total de quatre-vingt-quatorze secondes pendant ces trois trajets simples.

D'un autre côté, les deux accumulateurs du tender ont fourni un volume de

$$1\,628 - 200\ l = 1\,400\ l \text{ environ,}$$

ce qui donne, pour chacun des 14 patins, une dépense de

$$1{,}080\ l \text{ par seconde,}$$

chiffre qui ne diffère pas sensiblement de celui trouvé à Senlis (0,963 *l*).

Disposition des rails. — Nos rails présentaient un joint élastique en caoutchouc parfaitement étanche et qui permettait la libre dilatation

[illegible] portaient en outre des oreilles traversées par des broches en [illegible] a frottement gras et s'opposant a tout desaffleurement dans [illegible] Ce joint a parfaitement fonctionné et nous a [illegible] entière satisfaction.

[illegible] observation a faire ici, c'est que ces rails étaient en fonte et [illegible] application, par économie, ils doivent être en acier laminé. [illegible] alors la forme d'un U renversé.

[illegible] de rails porte extérieurement un autre fer en U plus petit [illegible] les patins et a les maintenir sur le rail. Ces guides sont [illegible] par des supports en acier coulé, boulonnés de distance en dis[illegible] flancs extérieurs du rail.

[illegible] changements de voie, ces guides s'articulent sur l'un de [illegible] supports et, déplacés par un jeu de cylindres hydrauliques, font [illegible] les patins d'une voie sur l'autre. Ils constituent ainsi un [illegible] très simple, puisque les rails restent immobiles.

[illegible] des propulseurs. — Les propulseurs de l'Exposition ne pro[illegible] pas de choc au moment de leur fermeture. Ce résultat était dû [illegible] cône parabolique qu'affectait la queue des clapets, d'une [illegible] au frein hydraulique placé dans le cylindre de ma[illegible]

[illegible] a trois eaux des propulseurs, dont voici un modèle, ont [illegible] quoiqu'en bronze très tendre. Le serrage s'effectuait [illegible] Belleville, ce qui permettait le réglage facile. Il était [illegible] éviter toute déformation de ces robinets. Comme le fonc[illegible] devait se produire par un déplacement de a 1 [illegible] de cir[illegible] fallait des [illegible] assez longues : condition qui pouvait [illegible] Pour éviter tout inconvénient résultant de cette [illegible] fait venir de fonte un diaphragme qui traverse les robinets [illegible] réunit les trois fuseaux entre eux, de sorte que, [illegible] conditions, il n'y a pas de flexion. Bien que ces robinets se [illegible] ouverts et fermés chacun 4 000 fois, ils sont en parfait état.

[illegible] enfin pour permettre la mise en marche du train en toute [illegible] des transmissions spéciales qui pouvaient être manœuvrées depuis le [illegible] et qui commandaient des leviers oscillants placés sous les wa[illegible] La disposition était telle que les robinets des propulseurs pou[illegible] être atteints, quelle que soit la position du train.

Machine motrice et pompes. La machine à vapeur était une machine [illegible] de la force de 50 chevaux, fournie par MM. Weyher et Riche[illegible] Destinée pour marcher à condensation, elle n'a pu fonctionner qu'à [illegible] libre ; et dans ces conditions elle eût pu faire 40 ou 45 che[illegible] au maximum, mais elle n'a jamais fait plus de 35 chevaux, même [illegible] les démarrages à grande vitesse. Sa marche était constante, sans [illegible] depuis l'ouverture jusqu'à la fermeture du guichet. Pour cela, nous [illegible] adopté une disposition de soupape de décharge et, quand la [illegible] atteignait la limite indiquée, l'eau était renvoyée dans la bâche [illegible] Les pompes étaient du système Girard-Meunier, elles [illegible] très douces et très régulières. Cette disposition n'était pas éco[illegible] et ne pourrait pas être employée dans une application indus[illegible]

Disposition industrielle. — Il convient d'avoir trois corps de pompes, commandés par des cylindres indépendants, dont les arbres de manivelles sont tiercées sur l'arbre de couche ; l'eau refoulée commande un accumulateur; lorsque la pression est atteinte, l'appareil monte et, par un enclenchement, il ferme un papillon de commande placé sur la conduite principale de vapeur et la pompe s'arrête. Aussitôt qu'on ouvre un propulseur sur la voie, l'accumulateur baisse et les pompes se remettent en marche toutes seules : elles obéissent automatiquement au débit de la voie.

Résultats principaux. — La ligne de l'esplanade des Invalides a fonctionné du 12 juillet au 6 novembre.

Les robinets automoteurs se sont ouverts 4 000 fois. En additionnant les différents trajets, le parcours total a été de 1 200 *km*. Les patins ont frotté 4 000 fois, à chaque extrémité de la ligne. Il y a eu un certain rodage par le fait de la poussière contenue dans l'eau, mais il n'y a pas eu d'usure apparente.

Chaque train a coûté 2,1/2 *kg* de charbon aller et retour. C'est beaucoup, mais il ne faut pas oublier que nous faisions constamment des démarrages à grande vitesse. Je ne sais pas si on a jamais déterminé le travail d'une locomotive lorsqu'elle démarre; mais, si elle démarrait constamment à grande vitesse pour s'arrêter immédiatement après, elle épuiserait bien vite, dans ces efforts répétés, son eau et son charbon.

Notre voie avait une pente de 40 *mm* sur 36 *m* de longueur, un palier de 31 *m* et une rampe de 20 *mm* sur 36 *m*. La pente générale était de 10 *mm* par *m*, et, en remontant, nous avions 1,50 *m* de différence de niveau d'une extrémité sur l'autre. La vitesse était de 8 *m* par seconde. Voilà ce que je puis vous dire d'intéressant sur l'installation que nous avions à l'esplanade des Invalides.

Discussion du système

J'arrive maintenant à la discussion du système.

D'abord, notre installation de l'esplanade des Invalides, établie dans les conditions théoriques, avait un aspect un peu compliqué. En effet, on voyait les propulseurs presque les uns sur les autres. Cela tenait à ce que notre train n'avait que 16 *m* de longueur, ce qui nécessitait des propulseurs tous les 15 *m*. Si nous avions eu un train de 41 *m* de longueur par exemple, il aurait suffi de placer les propulseurs tous les 40 *m*. Les ouvertures et les fermetures des robinets automoteurs des propulseurs s'effectuaient très rapidement; on aurait pu craindre un entretien difficile, et pourtant, vous venez de voir que ces organes sont en parfait état ; par conséquent, je crois qu'il n'y a pas de crainte à avoir à ce sujet.

Les colonnes d'eau horizontales qui s'échappent des propulseurs pour donner au train sa vitesse seront-elles assez puissantes pour des trains ayant un grand nombre de voitures? — A l'esplanade des Invalides, nous avions des propulseurs lançant 105 *l* d'eau par seconde, sous une pression de 10 *kg*, ayant une poussée de 450 *kg* environ. Si vous avez à

[illegible] une machine plus puissante, ou une chute d'eau naturelle [illegible] pouvez doubler la force, et, au lieu de 450 *kg*, vous pouvez [illegible] 1 000 *kg* de poussée par les propulseurs. Puis, vous pouvez en placer [illegible] vous placez 4 propulseurs à 1 000 *kg* de poussée, cela fait [illegible] *kg* [illegible] propulsion. Vous pouvez avoir, par ce moyen, 5, 6, 10 000 *kg*, [illegible] de poussée. Il n'y a donc pas là de difficulté.

[illegible] vous devez la recueillir lorsque vous employez des [illegible] se perd pas. Ce n'est qu'un levier intermédiaire.

[illegible] nécessaire à l'entretien du glissement est peu considérable ainsi [illegible] avons vu. Il est évident cependant que si on voulait faire un [illegible] parcours et emporter avec soi au départ l'eau nécessaire à ce parcours [illegible] deviendrait trop considérable.

[illegible] les grands parcours, je prétends ne pas emporter d'eau du tout, [illegible] le démontrer. Sur la ligne que nous construisons en ce [illegible] en Angleterre, j'aurai deux espèces de matériel : l'un pour [illegible] parcours, l'autre pour les grands. Je crois, je suis convaincu, [illegible] embarquer l'eau en vitesse ; vous avez une conduite qui a de [illegible] à 10 *kg* de pression ; par conséquent, vous pouvez emmagasiner [illegible] dans des réservoirs spéciaux placés sous les voitures, étant en[illegible] cette eau n'a pas servi à la propulsion. Mais, il y a encore un [illegible] c'est de mettre sur un tender une machine avec une [illegible] reprendre l'eau qui a servi à la propulsion et l'envoyer dans [illegible] Ceci ne présente pas de difficulté.

La quantité d'eau dépensée par le patin a besoin d'un réglage, pour [illegible] minimum de dépense. A notre installation de l'esplanade des [illegible], nous avions des papillons pour régler les patins des wagons [illegible]. Il y avait à cela un inconvénient. Il peut arriver que [illegible] avez beaucoup de voyageurs en un point du train, et peu à un autre, [illegible] conséquent, qu'il y ait inégalité de charge supportée par les patins, [illegible] inégalité de dépense. Actuellement nous sommes arrivés à [illegible] patins règlent leur dépense automatiquement, suivant la charge [illegible] supportent.

Dans les grands parcours, dont nous parlons, à titre de curiosité [illegible] nous n'en faisons pas encore, pourrait-on atteindre les vitesses [illegible] ?

[illegible] aucun doute à cet égard ; si vous voulez faire varier la pres[illegible] vous pouvez arriver à des vitesses de 180 à 190 *km* à l'heure. En [illegible] turbine peut marcher à une vitesse d'un 80/100e de la vitesse [illegible] de l'eau du propulseur ; et avec une pression de 20 à 22 *kg*, vous [illegible] une vitesse de 190 *km* à l'heure. A 10 *kg*, la vitesse de sortie de [illegible] de 44 *m* par seconde, et vous pouvez marcher à 120 *km* à [illegible]

[illegible] a dit, *la résistance de l'air* sera peut-être considérable, à cette [illegible] ? En effet, à la vitesse de 80 *km* à l'heure, cette résistance est déjà [illegible] dans les trains dont vous connaissez la disposition, où [illegible] surfaces planes opposent une résistance considérable et où, entre [illegible] voiture, existe un intervalle qui forme chicane. Si vous avez [illegible] résultats des expériences faites au Chemin de fer de l'Est, pré-

sentés par M. Dieudonné, vous vous rappelez que l'air agit avec force sur les premiers wagons, et de moins en moins sur les suivants, mais il agit sur presque tous les wagons du train. Il faudrait donc réduire cette résistance au minimum. Rien ne s'opposerait à ce que l'on constituât un train en lui donnant la forme d'un demi-cigare, par exemple; cela serait extraordinaire, mais cela n'est pas impossible et ne serait pas plus laid que nos trains actuels.

On pourrait faire un train en demi-obus à double cône, avec des wagons arrondis et non carrés, réunis par des tôles qui permettraient l'articulation dans les courbes.

Passons à la *partie fixe de l'installation.*

Si, sur la conduite qui fournit l'eau sous pression, un tuyau venait à se rompre, le service serait-il arrêté? — Non : on installe des clapets d'arrêt automatique, placés de distance en distance sur la voie; ces clapets sont à deux sièges. Ils sont réglés, par un ressort, de telle sorte que le clapet ne se déplace pas en temps normal. Si un tuyau vient à se rompre, les clapets d'arrêt automatique se trouvent entraînés par le courant; ils se ferment de chaque côté du point où l'accident s'est produit. On aurait ainsi tout au plus 150 *m* de conduite condamnée. Le service ne se trouverait pas arrêté.

Voyons le *propulseur*.

Si un propulseur se trouve ouvert, soit par malveillance, soit par le train et qu'il ne se referme pas; est-ce que le service est, de ce fait, interrompu? — Non: nous avons, pour remédier à cet inconvénient, deux types d'appareils. L'un est fait de telle façon que, lorsque le robinet est ouvert, au bout d'un temps déterminé, sept secondes, par exemple, le branchement sur lequel est monté le propulseur se ferme automatiquement. L'autre ferme le branchement lorsque la pression baisse au-dessous d'une limite déterminée.

Ce système n'est même pas encore breveté; nous avons déposé une demande de brevet en France, en Belgique et en Angleterre; vous comprendrez donc, puisque la propriété n'en appartient pas à moi seul, que je vous demande la permission de ne pas vous donner de détails; j'indique seulement le principe; et, si vous le voulez bien, je vous donnerai les détails plus tard, dans une autre communication.

Conditions d'application du chemin de fer glissant

Dans le système, il y a deux principes : le principe du *glissement* et celui de la *propulsion hydraulique*. On peut appliquer ces deux principes simultanément ou séparément; mais, il y a des cas dans lesquels on ne peut pas les séparer : lorsqu'il s'agit entre autres de faire un petit parcours à grande vitesse. Dans les villes, par exemple, le chemin de fer glissant avec propulsion hydraulique est le plus avantageux, et rien

[illegible] r. Voici pourquoi : dans un petit parcours, il faut [illegible] marcher vite et s'arrêter très rapidement. Supposez une [illegible] électrique, à vapeur, à air comprimé, au moyen [illegible] le train s'arrête, reste trente secondes et repart. [illegible] qu'il soit traîné par une machine de 100 chevaux ; pen[illegible] du train, cette machine ne travaille pas, elle est immo[illegible] vous voulez repartir, vous avez une force de 100 che[illegible] disposition, et rien de plus. Supposez, au contraire, que [illegible] de 100 chevaux, au lieu d'être attelée au train, soit fixe [illegible] des pompes comme dans le système glissant à pro[illegible] pendant les trente secondes d'arrêt du train, elle [illegible] refoule l'eau dans les accumulateurs dont je vous [illegible] et, au moment du départ, vous pouvez, s'il [illegible] dépenser en cinq ou six secondes ce travail accumulé [illegible] et vous avez ainsi à votre disposition, à un instant déterminé, [illegible] être sextuple de la force normale de la machine.

[illegible] système connu qui puisse vous donner un démarrage [illegible] aussi puissant : c'est une condition essentielle pour les [illegible] de ville.

[illegible] ainsi et rapidement une grande vitesse et, par la sup[illegible] dans les patins, vous obtenez le frein le plus puissant [illegible] trouver. Ainsi donc, avec ce système, vous avez un [illegible] rapide, une grande vitesse et un moyen d'arrêt très puissant : [illegible] essentielles à un chemin de fer de ville.

[illegible] avec ce système, vous n'avez *ni bruit ni fumée* ; vous pouvez [illegible] *toutes les rampes* et *passer dans toutes les courbes* des villes. [illegible] cette application on peut dire que l'ensemble du système est [illegible] ne fait pas séparer le glissement de la propulsion hydrau[illegible]

[illegible] qu'on ne peut pas dérailler, sauf le cas de rupture du [illegible] rien n'empêche de les doubler si on le veut et [illegible] double sécurité.

[illegible] ne peut pénétrer sous les patins. A l'esplanade des In[illegible] avons fait l'expérience : rien ne peut s'interposer entre [illegible] rail, ni pierre, ni sable ; ils sont rejetés de côté. Il ne [illegible] avoir de collision. La rapidité d'arrêt des trains est [illegible] à la vitesse de 60 km., ils peuvent s'arrêter sur un par[illegible] 27 m. environ. Même par les temps de brouillard à 54 m. de [illegible] deux trains peuvent toujours s'apercevoir et s'arrêter à temps.

[illegible] les avantages dont j'ai déjà parlé pour les villes, le système [illegible] un autre considérable : c'est la légèreté du matériel. Il n'y [illegible] machine, le matériel est très léger ; les wagons ne comportent [illegible] boîtes à graisse d'essieux, de chaînes d'attelage, etc. ; il y a là un [illegible] très léger ; il en résulte une grande économie sur le matériel.

[illegible] également une grande économie d'installation. Ainsi, pour un [illegible] porté par des colonnes espacées de 20 m, il suffit d'un [illegible] métallique d'une hauteur de 2 m. Avec un tel chemin de fer à

deux voies, qui n'a que 6 *m.* d'écartement entre les garde-corps extrêmes et une puissance de traction suffisante, on peut transporter 12 000 voyageurs à l'heure, au moyen de trains ne contenant pas plus de 100 voyageurs chacun et partant les uns derrière les autres toutes les minutes. Un chemin de fer aérien de ce genre ne coûte pas plus de 7 à 800 000 *f* le kilomètre, tout compris : un système ordinaire, de même puissance, coûterait beaucoup plus.

Fonctionnement pendant l'hiver. — Maintenant, j'arrive à un dernier point, celui du *fonctionnement pendant l'hiver.* Je prendrai le type du petit parcours ; le service ne se trouve pas interrompu. On peut marcher par un froid considérable, et voici pourquoi. Notre installation est disposée de telle façon qu'on peut faire passer à volonté tout ou partie de l'eau de la canalisation dans le condenseur à surface des machines à vapeur et l'entretenir ainsi à la température voulue.

Avec une ligne de 3 *km* de longueur, pouvant transporter 12 000 voyageurs à l'heure, il faut une machine de 500 chevaux. Dans le parcours que je vous indique, nous avons 200 m^3 d'eau environ ; nous pourrions la porter à 40° centigrades, mais c'est inutile ; en la maintenant à 15° ou 20°, nous n'avons aucune espèce de crainte. — On peut employer également des mélanges de corps qui s'opposent à la gelée, par exemple : le chlorure de calcium ; mais, il a un inconvénient, c'est d'attaquer légèrement le métal, même quand il est pur. Néanmoins, je crois qu'on peut l'employer ; d'autant plus que le froid ne dure pas longtemps dans nos climats, et je ne crois pas que son attaque serait considérable ; mais il est inutile dans les conditions que j'indique.

Applications nouvelles du système. — Enfin, pour terminer, je parlerai des lignes qui sont en construction. En ce moment, nous construisons une ligne à Londres, par suite d'un contrat passé avec le Métropolitain de Londres, le 12 octobre 1889 ; nous comptons marcher à 90 *km* à l'heure ; nous aurons deux matériels : l'un à petit parcours, l'autre à grand parcours.

Je parlais tout à l'heure du chemin de fer de ville aérien : nous poursuivons également une demande pour obtenir l'autorisation de faire une application sur une certaine distance, d'un chemin de fer de ville aérien. Nous sommes en négociations pour construire une ligne de Cauterets à la Raillère. Sur ce point, le chemin glissant et à propulsion hydraulique présente tous les avantages. Le parcours est de 1 200 *m.* On a à sa disposition une chute d'eau que l'on peut capter et utiliser à la propulsion, avec une pression de 10 *kg* en haut et 16 *kg* en bas. Une fois la tuyauterie établie, une fois la voie posée, et les propulseurs installés, la nature seule fera gravir ces rampes de 110 *mm* par mètre, avec une vitesse de 60 *km* à l'heure si l'on veut, et l'on descendra ces pentes à la vitesse qu'on voudra. Les frais d'exploitation consisteront dans l'entretien de la tuyauterie et de la voie. *(Applaudissements.)*

M. le Président fait observer que l'heure est trop avancée pour pouvoir commencer la discussion de la très intéressante communication que

[illegible] aura lieu dès le commencement de la seance [illegible] Ma[illegible] ne voudrait pas qu'on se séparât sans avoir adressé a [illegible] remerciements de la Société pour le témoignage de [illegible] lui donner, en venant lui exposer le résultat [illegible] et travaux sur les chemins glissants et en livrant [illegible] discussion prochaine.

[illegible] est exposé, semble séduisant, à bien des points [illegible] la légèreté du matériel, de l'extrême simplicité des [illegible] tation, de l'absence de tout bruit et d'autres raisons [illegible] qui vient d'être fait ; espérons que la discussion [illegible] les prévisions.

La séance est levée à onze heures.

NOUVEAU SYSTÈME DE FREIN CONTINU

PAR

M. L. SOULERIN

CINQUIÈME PARTIE

(Suite et fin.) (1)

EXAMEN COMPARATIF DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE FREINS PNEUMATIQUES.

Préliminaires. — Il a paru utile d'ajouter une cinquième partie à l'étude publiée dans le compte rendu du mois de septembre dernier, contenant une discussion, pour examiner les avantages des nouveaux systèmes de freins sur les autres systèmes soit à air comprimé, soit à vide, dont l'usage est le plus répandu.

Elle est terminée par un examen comparatif des freins à air comprimé et des freins à vide, et par quelques considérations sur la possibilité d'activer, dans une certaine mesure, la rapidité de la propagation du serrage sans recourir à l'emploi de distributeurs spéciaux.

Préalablement, il importe de décrire la forme pratique adoptée pour le distributeur à vide automatique désigné comme ***modèle B*** (fig. 41), et pour un distributeur à vide à fonctionnement rapide représenté par la figure 42.

DISTRIBUTEUR A VIDE *modèle B*.

2° Dans le distributeur ***modèle B*** (fig. 41), les deux pistons *n* et *p* sont confondus en un seul, *m* est un diaphragme flexible. Le clapet *a* et le diaphragme *m* sont reliés par une tige creuse dans

(1) Voir bulletin de septembre 1889, page 239 et suivantes.

... le système $n f$, f étant un piston avec garniture de ..., et la rentrée d'air dans le vase se faisant par les ...

... P et p ont les mêmes valeurs que dans le *modèle A*; ... S_a ... *cm²* avec 110 *mm* de diamètre; S_a ... 19,6 *cm²*, le diamètre de 50 *mm*; et S_f a un diamètre de 40 *mm*, donnant ...

... de l'équation (135) on obtient $z_p = 0{,}60\ P_a$; tandis ... $= P_a$, puisque $S_m = S_a$; l'étendue de la modérabilité est ... à $0{,}40\ P_a$ ... $0{,}57\ (P_a - P)$.

... serrage complet, le desserrage commencera pour une ... de z_a ... $0{,}54\ P_a$ qu'on trouve au moyen de l'équation (144) ... $R = 0$.

DISTRIBUTION A FONCTIONNEMENT RAPIDE.

Description et fonctionnement. — Cet appareil, représenté par ... 42 est un distributeur *modèle B* avec un troisième système ... composé de deux diaphragmes b et c, et d'un clapet ... les espaces situés au-dessus de b et au-dessous de c sont reliés respectivement, le réservoir et la conduite générale, tandis ... vase à freins communique avec l'espace compris entre b ...

... on admet brusquement l'air dans la conduite générale ... robinet de manœuvre, le clapet d du premier distributeur ... et l'air extérieur pénétrant par les orifices E, détermine ... soulèvement de d dans le second distributeur, et ainsi de suite. ... alors un arrêt d'urgence. Si, au contraire, on admet, ... *un robinet de manœuvre spécial*, une pression initiale relativement faible, le vide créé dans l'espace entre b et c empêche le ... du système et on peut graduer le serrage dans toute ... que permet le distributeur *modèle B*.

La résultante R des pressions exercées sur le système b, c, d, ... avant que la dépression ait pu se faire sentir dans le vase à ... et que la pression ait pu changer dans le réservoir, en appelant z la pression variable dans la conduite générale :

$$R = S_r (P_a - P) - (S - S_d)(P_a - z).$$

... appelle z_a la pression minima à donner à z pour que R ... égal à zéro, il viendra, pour l'expression de S en fonction de ... S_d, qui sont donnés :

$$S = \frac{S - S_d}{P_a - P}(P_a - z_a).$$

En sorte que, si on fait $S_c = 95\ cm^2$ correspondant à un diamètre de 110 *mm* ; et $S_a = 5\ cm^2$ correspondant à un diamètre de 25 *mm*, on aurait pour $z_u = 0,75$

$$S_b = \frac{40}{0,7} \times 0,25 = 32\ cm^2$$

correspondant à un diamètre de 64 *mm*.

CHAPITRE VIII

Freins à air comprimé.

178. — *Appareils comparés et points sur lesquels porte la comparaison.* — Cet examen ne porte que sur les freins automatiques Carpenter, Wenger, Westinghouse, et les appareils Soulerin décrits du paragraphe 35 au paragraphe 60 qui sont considérés aux points de vue de la rapidité d'action de la modérabilité et de la dépense de vapeur.

I — RAPIDITÉ D'ACTION.

179. — *Influence de la sensibilité des distributeurs et de la rapidité de propagation de la dépression dans la conduite générale.* — On a vu qu'afin d'obtenir le maximum de force retardatrice, il faut qu'on puisse effectuer le serrage contre toutes les roues à la fois, avec *toute la puissance du frein, le plus rapidement possible.*

On doit donc chercher à obtenir, dans le fonctionnement des appareils, *l'uniformité dans la sensibilité des distributeurs* et une grande vitesse dans la rapidité de la propagation de la dépression dans la conduite générale. On se rapprochera ainsi en même temps de la condition de simultanéité dans l'application des freins sur toutes les roues du train, pour obtenir la production d'arrêts sans secousses.

Uniformité dans la sensibilité des distributeurs.

180. — *Établissement du degré de sensibilité.* — Le degré de sensibilité d'un distributeur est mesuré par la valeur *minima* de la dépression qu'il faut produire dans la conduite générale pour que le distributeur entre en fonctionnement Cette dépression minima ne doit pas être trop faible, car alors des fuites de peu d'importance

[illegible] des perturbations, notamment avec les appareils [illegible] serrage à fond pour une perte relativement faible [illegible]. On prend des dispositions, en général, pour que le [illegible] ne commence qu'après une perte brusque d'envi[illegible] de la charge totale dans la conduite générale. Dans [illegible] Carpenter et Schleifer, qui ne comportent pas de dis[illegible] se transmet directement sur le piston moteur, [illegible] en marche ne dépend que du frottement de ses garni[illegible] résistance des ressorts de rappel. Dans l'examen des [illegible], il faut évidemment se placer, pour la comparai[illegible] inadmissible où les résistances des ressorts [illegible] été uniformément établis dans tous les cylindres [illegible] autres appareils.

[illegible] — *Frein Wenger*. — Pour que le tiroir du distributeur [illegible] la lumière d'échappement, le piston qui com[illegible] doit faire une course d'environ 10 *mm*. Les résis[illegible] sont :

1° [illegible] frottement du tiroir dont le coefficient peut varier entre [illegible] 0,30, et pour une pression de 4 *kg* la surface du tiroir étant [illegible] 2,65 *cm*, c'est-à-dire de 6,90 *cm*², entre :

$$6,9 \times 4 \times 0,15 = 4,14\ kg$$

$$6,9 \times 4 \times 0,30 = 8,28\ kg.$$

2° [illegible] frottement d'une garniture en cuir de 10 *mm* de hauteur [illegible] une circonférence dont le diamètre est de 7 *cm*. Le [illegible] de frottement peut varier de 0,15 à 0,56 selon l'état [illegible] frottantes; en sorte que si l'on admet sur le cuir une [illegible] 4 *kg*, la résistance sera comprise entre :

$$[\text{illegible}] \times 7 \times 0,40 \times 0,15 = 1,3\ kg,$$
$$[\text{illegible}] \times 7 \times 0,40 \times 0,56 = 4,872\ kg.$$

La résistance d'un ressort qu'on supposera être, contrairement [illegible] est possible d'obtenir, la même dans tous les distribu[illegible] résistance à 5 *kg*.

[illegible] extrêmes entre lesquelles pourra varier la résistance [illegible] donc :

$$4,14 + 1,3 + 5 = 10,44\ kg,$$
$$\text{et : } 8,28 + 4,870 + 5 = 18,15\ kg.$$

Comme le piston du distributeur a une surface de 41 *cm*², corres-

pondant à un diamètre de 71 1/2 *mm*, il en résulte que pour vaincre les résistances qui s'opposent à la mise en marche du distributeur, il faut produire une dépression qui peut varier entre 0,25 et 0,50 *kg*, selon l'état du distributeur.

L'écart possible est donc de 250 g.

182. — *Frein Westinghouse.* — Les frottements à vaincre sont :

1° Le frottement du tiroir dont la surface est de 7 cm^2, lequel peut varier, avec une pression de 4 *kg*, entre :

$$7 \times 4 \times 0{,}15 = 4{,}2,$$
$$\text{et : } 7 \times 4 \times 0{,}30 = 8{,}4.$$

2° Le frottement d'un segment de 1 1/2 *mm* de hauteur sur la circonférence d'un cercle de 63 *mm* de diamètre soumis à une pression de 4 *kg*, variant de :

$$\pi \times 6{,}3 \times 0{,}15 \times 4 \times 0{,}15 = 2\ kg.$$
$$\text{à : } \pi \times 6{,}3 \times 0{,}15 \times 4 \times 0{,}30 = 4\ kg$$

en négligeant la raideur du segment, qui ajoute aux causes de variation.

La résistance totale peut donc varier entre 6,2 et 12,4 *kg*, correspondant à une dépression comprise entre 0,2 et 0,4 *kg*. *L'écart possible est donc de 200 g*, et il peut entraîner des conséquences d'autant plus graves *que la variation correspondante de la pression dans le cylindre à freins peut atteindre jusqu'à 2 kg.* A cette cause de mauvais fonctionnement s'ajoute celle qui provient de la différence qui peut exister entre les mêmes voitures d'un train dans la distance à parcourir par les sabots. En effet, ordinairement dans les appareils Westinghouse, le réservoir auxiliaire a une capacité de 25 *l*, tandis que le volume engendré par les pistons du cylindre à deux pistons, dont la course est réglée entre 5 et 10 *cm*, varie entre 3 et 6 *l*. Dans le cas d'une course de 5 *cm*, le serrage à fond correspond à une dépression d'environ 15 0/0 de la charge, tandis que, dans le cas de la course de 10 *cm*, il ne s'effectue que par une dépression d'environ 25 0/0 de la même charge.

183. — *Rainures de fuite dans les appareils Wenger et Westinghouse.* — Les appareils Wenger et Westinghouse sont munis de rainures dites de fuite, afin que de légères dépressions ne puissent pas faire appliquer les freins. Dans le frein Wenger, cette rainure est pratiquée dans le distributeur, tandis que dans le frein Westinghouse, elle est pratiquée dans le cylindre à freins. Dans le frein Westinghouse.

... de fonte obligent à donner une course minima aux pistons des cylindres à freins ; en outre, elles sont cause de difficultés ... pour le réglage de la longueur à laisser aux tiges dans le ... on emploie des cylindres à freins à deux pistons.

1.. — *Distributeur Soulerin.* — Dans cet appareil, les résistances ...

1° La pression exercée sur la surface du clapet *a*, dont la valeur ... proportionnelle à l'intensité de la pression de ...

2° La pression sur une garniture de cuir haute de 5 *mm* sur une ... de 58 *mm* de diamètre. La pression étant supposée ... le frottement peut varier entre :

$$... \times 5,8 \times 0,5 \times 0,1 \times 0,15 = 0,40,$$
$$... \times 5,8 \times 0,5 \times 0,4 = 0,56 = 2,20,$$

... correspondrait, pour une surface de 31 *cm²*, à un écart possible ...

$$\frac{2,20 - 0,40}{31} = 58\ g.$$

1.. — *Résumé.* — Dans tous les distributeurs étudiés, on a ... poids de la masse mobile, parce qu'il est très facile de ... fonctionnement dans la fabrication des appareils. Les variations possibles de la dépression minima à produire pour faire ... fonctionner les appareils sont donc *de 250 g dans le frein Wenger, de 200 g dans le frein Westinghouse et seulement de 58 g dans le frein Soulerin.*

Rapidité de propagation de la dépression dans la conduite générale.

1.. — *Cas des appareils décrits et étudiés aux §§ 22 à 60.* — ... le mécanicien ouvre le robinet de manœuvre pour ... la pression dans la conduite générale, la masse d'air ... que celle-ci et ses branchements contiennent s'anime ... mouvement général qui la pousse vers l'avant du train.

... les branchements sont usuellement établis à angle droit, ... apportent un retard considérable dans le mouvement général. ... dans chaque branchement, l'air qui s'échappe de l'appareil ... a se diviser, lorsqu'il arrive dans la conduite générale. ... courants de même intensité tendent à s'établir en sens ... l'un de l'autre, suivant la longueur de la conduite générale, tandis que deux autres contournent la circonférence de

celle-ci et tendent à retourner dans le branchement. Il se produit donc sur la conduite générale, et à chaque branchement une sorte de refoulement dont l'action retardatrice sur le mouvement général est d'autant plus importante que la pression est plus élevée, et la quantité d'air qui doit s'écouler du branchement plus considérable.

Or, la pression est constante, ou à peu près, dans tous les systèmes étudiés, tant que le piston du distributeur, dans le cas du nouveau frein comme dans les cas du frein Westinghouse ou du frein Wenger, ou le piston du cylindre à freins, pour les autres systèmes, n'est pas arrivé à fond de course. La retardation du mouvement est donc fonction du volume engendré par le piston du distributeur ou du cylindre à freins, selon le cas, dans sa course. Ce volume étant de 75 cm^3 *dans la triple valve Westinghouse*, de 87 cm^3, dans le distributeur Wenger et de 11 cm^3, *dans le distributeur Soulerin*, il s'ensuit que la propagation de la dépression pourra se faire plus rapidement avec ce dernier qu'avec les autres. En ce qui concerne les freins Schleifer et Carpenter, dans lesquels le volume engendré est de 5 ou 6 *l* environ, la propagation de la dépression ne s'y fera qu'avec une extrême lenteur.

On a obtenu expérimentalement avec les distributeurs Westinghouse et Wenger, dans lesquels les volumes engendrés par les pistons diffèrent assez peu, à très peu près, la même rapidité de propagation de dépression. Il va sans dire qu'il n'est pas question ici de la rapidité de serrage qui doit être, pour les raisons indiquées aux § 30 et suivants, beaucoup plus considérable avec les freins Westinghouse qu'avec les freins Wenger.

Avec des pressions d'environ 4 *kg* et des trains comprenant jusqu'à 50 véhicules, on a remarqué que cette vitesse de propagation de dépression est sensiblement en raison inverse du carré du rang occupé par le véhicule observé. En sorte que si on désigne par θ, le temps écoulé pour que la dépression se fasse sentir en queue du premier véhicule, le temps t_n requis pour qu'elle atteigne l'arrière du $n^{ième}$ véhicule serait :

$$t_n = n^2 \theta$$

qui peut se développer en série, et s'écrire :

$$t_n = \{1 + 3 + 5 + 7 + .. + (2n - 1)\} \theta. \qquad (163)$$

Remarque. — En montant le distributeur sur la conduite générale elle-même, comme dans le cas du distributeur à fonctionne-

... décrit au § 101, il est certain qu'on aurait une plus ... rapidité dans la propagation de la dépression que lorsqu'il ... de branchements.

II. — Modérabilité.

187. — *Comparaison des différents systèmes.* — Il est indispensable ... qu'ils soient modérables, non seulement, comme on le ... assez généralement, pour graduer la pression des sabots ... et des arrêts, et éviter ainsi de produire le calage des ... agir avec modération pour la descente des pentes, ... et pour éviter les chocs dans les arrêts. L'importance ... modérabilité à ce dernier point de vue, est d'autant plus ... que le train est composé d'un plus grand nombre de ... ainsi qu'il est expliqué au chapitre suivant.

Les ... Carpenter, Schleifer et Wenger sont modérables tant ... serrage qu'au desserrage, mais dans des limites qui présentent ... écart de 2 *kg* environ, ainsi qu'on l'a vu, lorsque la pression ... est de 4 *kg*.

Le frein Westinghouse se prête mal à la descente régulière des ..., son application ne peut être maintenue avec un effort ... constant qu'autant que le mécanicien opère par serrages ... desserrages successifs. En effet le frein s'applique à fond pour ... dépression d'environ un quart de la pression totale. Or, ... il est dit plus haut, il faut environ un neuvième de ... pour mettre la « triple valve » en action. Pour produire ... serrage modéré, le mécanicien n'aurait donc que la ressource ... varier la dépression entre les limites rapprochées de un ... et un quart, soit dans le cas usuel d'une charge de 4 *kg* ... la conduite générale, *entre* 0,45 *et* 1 *kg*. Cette opération est ... délicate, et seulement quelques mécaniciens exercés peuvent ... avec succès. Donc, en fait, le frein Westinghouse a l'inconvénient de n'être pas modérable, lequel s'ajoutant à ceux qui ... signalés au § 182, est souvent la cause de réactions violentes.

Dans les appareils Soulerin, le distributeur modèle n° 1 commence à produire un serrage effectif avec une perte de 0,83, ... qu'il serre à fond lorsqu'on produit une dépression de 3,40 *kg*, la pression de marche étant de 4 *kg*. La modérabilité peut ... s'exercer, au serrage, sur une étendue de 2,57 *kg*, tandis

qu'au desserrage, on a vu qu'elle peut s'exercer sur une étendue de 1,7 *kg*. Avec le distributeur modèle n° 2, le serrage pourra être gradué pour une dépression dans la conduite variant de 1,10 *kg* à 4 *kg*, soit sur une étendue de 2,90 *kg*. Avec le distributeur n° 3, pour une pression de marche de 4,5 *kg*, la modérabilité pourrait s'exercer sur une étendue de près de 4 *kg*.

La possibilité de graduer le serrage est donc plus considérable avec les appareils Soulerin qu'avec les autres appareils comparés.

III. — Dépense de vapeur.

188. — *Conditions dans lesquelles est faite la comparaison.* — La consommation de vapeur par la pompe est proportionnelle à la dépense d'air comprimé pour l'alimentation des appareils.

Cette alimentation est nécessitée par le remplacement des pertes occasionnées tant par les fuites, que par le fonctionnement régulier des freins. C'est seulement cette dernière portion de la dépense qu'il est possible d'évaluer et sur laquelle peut porter la comparaison suivante.

Pour faire cette comparaison, on supposera que, dans tous les appareils, le piston du cylindre à freins déplace dans sa course un volume de 6 *l* d'air, et on recherchera quelle serait la dépense par voiture et par arrêt, en admettant que la pression normale dans la conduite générale soit toujours de 4 *kg* effectifs.

189. — *Frein Westinghouse.* — Dans le frein Westinghouse, on a vu qu'il suffit de produire une perte légèrement supérieure à 1 *kg* pour faire appliquer les freins à fond, mais, en réalité, le mécanicien est obligé de produire une dépression bien supérieure. Si on se contente de prendre comme perte moyenne 0,75 *kg*, on se trouvera plutôt en dessous qu'en dessus de la vérité.

La dépense serait donc, pour la perte de 0,75 *kg*, dans la conduite, en litres d'air à la pression ordinaire, de . . . . 4,50 *l*,
et, pour la cylindrée, en admettant un espace nuisible de
1/10, de 6,1 *l* × la pression réelle, 4,16, soit. 25,40

Au total. . . . . 29,90 *l*.

190. — *Freins Carpenter, Schleifer et Wenger.* — Avec les freins Carpenter, Schleifer et Wenger, la dépense serait sensiblement la même. Le calcul suivant est fait pour le frein Wenger.

Pour un serrage à fond, il y aura :

1° Perte de toute la charge de la conduite, soit 4 × 6 = 24 *l*

2° Perte de la cylindrée à la pression absolue de 5 *kg*, soit 30

3° Perte de la pression réelle dans l'espace nuisible, soit 4 = ... 4

En tout. . . . . . . 58 *l*

Pour un serrage modéré, il y aura toujours :

1° Perte de 3 *kg* dans la conduite, ce qui correspond au serrage [illegible], soit 3 × 6 = ... 18 *l*

2° Perte de la cylindrée, comme dans le serrage à fond . 30

3° Perte de 3 *kg* dans l'espace nuisible 3

En tout. . . . . . . 51 *l*

191 — *Freins Soulerin.* — L'appareil Soulerin avec le distributeur n° 1 dépensera pour un serrage à fond :

1° Perte de toute la charge dans la conduite, soit . . . 24 » *l*

2° Perte de la pression absolue dans la cylindrée et dans l'espace nuisible, comme dans le frein Westinghouse 25,40

Soit en tout. . . . 49,40 *l*

Pour un serrage modéré, la dépense serait de :

1° Perte de charge dans la conduite, 2 *kg*. . . . . . . 12 » *l*

2° Perte de la cylindrée, la moitié de la perte trouvée dans le cas du serrage à fond. 12,70

Soit au total. . . . 24,70 *l*

192 — *Résumé.* — En résumé, si l'on estime que sur 100 arrêts on en soit fait 10 avec serrage à fond, ce qui est beaucoup au-dessus de la réalité, et qu'il en soit fait 90 avec la pression moyenne des [illegible], on obtient, pour la dépense moyenne, en litres d'air à la pression atmosphérique, par arrêt :

20.90 avec le frein Westinghouse,

51.70 avec le frein Wenger, et

27.17 avec le frein Soulerin (distributeur n° 1).

IV. — Conclusion.

193 — *Conclusions tirées des précédentes études.* — De l'examen qui vient d'être fait il ressort que dans les appareils Soulerin :

1° Le réglage du degré de sensibilité peut être fait avec beaucoup de précision, et avec uniformité, pour un nombre quelconque d'appareils. Un pareil réglage est très difficile, sinon impossible, dans les autres systèmes à distributeurs ;

2° La propagation de la dépression se fait avec plus de rapidité que dans les autres freins, ce qui augmente considérablement la puissance retardatrice des appareils, et par suite la rapidité de serrage, tout en réduisant les secousses ;

3° Le desserrage s'effectuera plus rapidement, puisque la quantité d'air à envoyer dans les branchements sera moindre ;

4° La modérabilité est plus étendue que dans les autres systèmes de freins, notamment pour la production du serrage ;

5° La dépense moyenne par arrêt est de 9 0/0, au moins, au-dessous de ce qu'elle est avec le système Westinghouse, et de 48 0/0 au-dessous de ce que dépense le frein Wenger, ou bien le frein Carpenter ;

6° Toute perte de charge dans la conduite, moindre que $\frac{S_a}{S_n}P$, valeur égale, dans le distributeur modèle n° 1, à près de 1/2 *kg* par centimètre carré, ne pourra déterminer la levée du clapet *a* et mettre le réservoir auxiliaire en communication avec les cylindres. L'établissement, dans un train, de signaux d'intercommunication au moyen de la conduite générale, pourra donc se faire sans qu'on ait à redouter que leur usage puisse faire appliquer les freins ;

7° On pourra, si l'on veut, faire usage de vases à diaphragmes dont l'étanchéité est presque parfaite, ce qui permettra de maintenir des pressions modérées pour la descente des longues pentes.

194. — *Remarque.* — Il est bon de faire observer ***qu'une avarie quelconque survenue aux cylindres à freins, des freins Westinghouse et des freins Soulerin avec distributeurs n°s 1, 2 ou 4***, n'aurait d'autre inconvénient que celui d'annihiler le frein du véhicule sur lequel l'avarie se serait produite. L'emploi du distributeur Soulerin n° 2 avec un diaphragme au lieu d'un piston peut donc se faire sans aucun danger.

Au contraire, tout accident qui mettrait en communication avec l'air extérieur les cylindres Wenger, Schleifer et Carpenter aurait pour résultat de rendre impossible l'emploi du frein sur le train tout entier.

Appareils à fonctionnement rapide.

195. — *Comparaison du frein nouveau avec le frein Westinghouse.* — En ce qui concerne les distributeurs à fonctionnement rapide, le distributeur du système nouveau, décrit aux paragraphes 102 et suivants, offre sur la triple valve Westinghouse, dont il est parlé au paragraphe 95, les avantages suivants :

1° [illegible] *serrage d'urgence* son action est au moins aussi rapide, puis-[illegible] part, l'évacuation de l'air contenu dans la conduite [illegible] à l'extérieur, au lieu de se faire dans les cylindres [illegible]squels la pression équilibre bientôt celle de la con-[illegible], d'autre part, le diamètre de celle-ci doit être [illegible] dans le système Westinghouse, et, partant, le volume à [illegible]considérable ;

2° [illegible] *desserrage*, la propagation se fait beaucoup plus vite, la [illegible] un plus petit volume et se remplissant par l'échap-[illegible]cylindres à freins, tandis que dans le frein Westing-[illegible]duite n'est alimentée que par une de ses extrémités ;

3° [illegible], dans les arrêts intermédiaires, graduer le serrage à [illegible] qu'il est encore plus difficile d'accomplir avec la triple [illegible] à fonctionnement rapide Westinghouse, qu'avec la triple [illegible]naire.

1?6 — *Comparaison du frein nouveau avec le frein Wenger.* — Le [illegible] action rapide, système *Wenger*, dépend pour son fonc-[illegible]ent de courses plus ou moins étendues et réglées par des [illegible] et par des passages d'air au travers d'orifices de faible [illegible]. Tout en étant plus modérable que le frein Westinghouse, [illegible] que le frein nouveau à action rapide. Au serrage [illegible] doit agir avec autant de rapidité que celui-ci, mais le [illegible]rage doit se faire aussi lentement qu'avec le frein Westing-[illegible]

[illegible]tablissement convenable et uniforme de la puissance des res-[illegible] et des sections de petits orifices d'écoulement doit être très [illegible], sinon impossible en pratique.

CHAPITRE IX

Freins à vide.

1?7 — *Appareils comparés et objets de la comparaison.* — L'exa-[illegible]comparatif ne sera établi qu'entre le frein nouveau et les *appareils Clayton*, exploités par la Compagnie anglaise *The Vacuum Brake C°*, ainsi que le *frein Eames*. Il portera :

1° Sur la rapidité du serrage et du desserrage ;

2° Sur la modérabilité ;

3° Sur la sécurité des appareils ;

4° Sur leur simplicité, leurs poids, la dépense et la facilité de [illegible] entretien.

I. — Rapidité du serrage et du desserrage.

Serrage.

198. — *Volumes engendrés dans leur course par le piston du frein Clayton et par le diaphragme du vase à diaphragme.* — Étant donné que l'écartement moyen entre les sabots et les bandages des roues est de 1,2*cm*, et que le rapport des bras de levier de la timonerie est usuellement de 1 à 10, il en résulte que la course moyenne du piston ou du diaphragme sera de 12 *cm*. Le volume engendré par un piston de 400 *mm* de diamètre serait de 15 *l*, tandis que le volume engendré par un diaphragme de forme tronc-conique ne serait que de 10 *l* environ pour la même course et le même diamètre.

199. — *Quantités d'air à introduire dans la conduite générale.* — Il est évident que le serrage sera d'autant plus rapide que la quantité d'air à introduire dans la conduite générale, pour l'obtenir, sera moindre. Le mouvement des sabots commencera d'autant plus promptement que les frottements à vaincre seront plus faibles, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Pour plus de simplicité, on admettra dans cet examen que la conduite générale a toujours un diamètre intérieur de 25 *mm*, ce qui est possible avec le frein Soulerin et le frein Eames; ce diamètre est trop faible, au contraire, dans le cas du frein Clayton. L'erreur résultant de cette supposition sera, en tout cas, sans grande importance. Le volume moyen de la conduite d'un véhicule sera donc d'environ 6 litres.

Par chaque véhicule, la quantité d'air à admettre sera obtenue de la manière suivante:

1° *Frein Clayton.* — Le réservoir dans ce frein étant égal à 4 fois le volume engendré par le piston, soit de 60 *l*, la valeur de X sera égale à :

$$X = \left(1 + \frac{15}{60}\right) 0,3 = 0,475.$$

La pression de marche étant égale à 0,3, il en résulte que pour obtenir le contact des sabots avec les bandages des roues, il faudra introduire, *au moins*, par véhicule, une quantité d'air à la pression atmosphérique égale à :

$$6\,(0,475 - 0,3) + 15 \times 0,475 = 8,175\ l.$$

Le serrage complet exigera l'introduction de :

$$6\,(1 - 0,3) + 15 = 17,2\ l \text{ à la pression atmosphérique.}$$

2° *Frein automatique Eames.* — En considérant qu'on a ici :

$$X = 0,44,$$

[illegible] dans le cas du frein Soulerin, et qu'il faut avoir une pres[illegible] résultante d'au moins 2 *kg* agissant de haut en bas sur le [illegible] (*fig. 21*), dont le diamètre est de 25 *mm*, pour assurer son [illegible] sur son siège, on trouve que la pression à introduire [illegible] absolute doit être élevée à :

$$0,44 + \frac{2 + 0,2}{S_v \quad 5} = 0,88,$$

[illegible] du ressort qui soulève *q* étant supposée égale à seule[illegible] 200 *g*

[illegible] la pression de marche est égale à 0,30 ; il en résulte qu'il [illegible] introduire par chaque véhicule, au moins :

$$(0,88 - 0,30)\ 6 = 3,48\ l$$

[illegible] à la pression atmosphérique, pour commencer le serrage. L'ap[illegible] n'étant pas modérable, les sabots s'appliqueront à fond peu [illegible] après le commencement du serrage.

3° *Frein Soulerin.* — Dans le cas du frein Soulerin, avec le dis[illegible]tributeur *modèle B*, le commencement de serrage sera obtenu par l'introduction de :

$$6\ (0,6 - 0,3) = 1,8\ l,$$

[illegible] à la pression atmosphérique, et le serrage à fond, par l'intro[illegible]duction de :

$$6\ (1 - 0,3) = 4,2\ l,$$

[illegible] à la pression atmosphérique.

Desserrage.

29. — *Frein Clayton.* — En faisant usage du frein Clayton, il [illegible] faudra, après un serrage à fond, aspirer par la conduite générale, [illegible] chaque véhicule :

$$(6 + 15)\ (1 - 0,475) = 11\ l$$

[illegible] à la pression atmosphérique, rien que pour équilibrer les [illegible] pressions exercées sur les deux faces du piston. Celui-ci ne se [illegible] mettra en mouvement que lorsqu'on aura aspiré une nouvelle [illegible] quantité d'air telle que les résistances de frottement de la tige [illegible] entre sa garniture et du piston moteur puissent être surmontées.

Enfin, le desserrage ne pourra être complet qu'après une aspiration totale de :

$$(6 + 15)(1 - 0,3) = 14,7\ l,$$

à la pression atmosphérique, par chaque véhicule du train.

201. — ***Frein Eames.*** — Avec le frein Eames, le desserrage exigera l'aspiration, par la conduite générale, d'un volume d'air à la pression atmosphérique égal à :

$$6\left(1 - 0,44 + \frac{3}{78}\right) = 3,12\ l.$$

Dans cette expression, le terme $\frac{3}{78}$ correspond à la pression nécessaire pour soulever le système mobile, dont le poids est d'environ 3 *kg*, la surface du diaphragme *d* (*fig. 24*) étant de 78 cm^2 environ.

202. — ***Frein Soulerin.*** — Le desserrage complet s'obtiendra dans le frein Soulerin en aspirant, par chaque véhicule, un volume d'air à la pression atmosphérique égal à :

$$6\left\{1 - \frac{(95 - 16)\,0,44 + 15}{95}\right\} = 2,82\ l.$$

Remarques.

203. — ***Avantage du frein Soulerin sur le frein Clayton, au point de vue de la rapidité d'action.*** — De ce qui précède, il résulte que l'action du frein Soulerin est beaucoup plus rapide que celle du frein Clayton. Il faut, en effet, introduire dans celui-ci pour produire le serrage, et en extraire, pour produire le desserrage, une quantité d'air environ ***quatre fois plus considérable que dans le cas du frein Soulerin.***

204. — ***Influence des branchements.*** — L'influence des branchements se fait sentir dans les freins à vide comme dans les freins à air comprimé.

Dans les freins Eames et Soulerin, le volume d'air à faire passer par les branchements est très faible relativement à celui qui doit passer dans le frein Clayton.

En effet, dans celui-ci il peut atteindre jusqu'à **16** *l* en moyenne, tandis que dans les autres freins il est à peine de **200** cm^3.

II. — Modérabilité.

2.. — *Frein Clayton.* — On a vu, au § 199, que la valeur de 0,175 P, : pour obtenir un commencement de serrage, il ... dans la conduite générale, la pression, au moins ... pour vaincre les résistances de frottement que le ... en sorte que la modérabilité peut s'exercer ... de $z = 0,55\ P_4$ et z ... P_4.

2.. — *Frein Soulerin.* — Le distributeur *modèle B* donne, pour ... exactement les mêmes limites que dans le cas du ... Ces limites pourraient encore être plus étendues en ... réservoir auxiliaire un plus grand volume.

2.. — *Frein Eames.* — Dans le cas du frein Eames, la modé... n'est obtenue que par l'addition d'une seconde conduite ... et de ses accouplements, ainsi que d'un second appareil ...

III. — Sécurité des appareils.

2.. — *Frein Clayton.* — Dans le frein Clayton, la tige de com... de la timonerie passe au travers de la garniture d'un ... *dont l'étanchéité doit être assurée pendant toute la ... du frein.* Cette condition entraîne l'établissement de cy... qu'on ne peut relier à la conduite générale ... de boyaux flexibles en caoutchouc et sujets à se dé...

... rentrée d'air s'opérant par l'un quelconque de ces tubes ... l'efficacité du frein sur le train tout entier. Une avarie ... soit à la garniture des presse-étoupes, soit au plateau ... du cylindre à freins entraîne également la destruction ... du frein sur le train tout entier et peut, en outre, ... des arrêts intempestifs au moment où elle se pro...

2.. — *Frein Soulerin.* — Les appareils Soulerin ne comportent ... autour duquel il y ait besoin d'empêcher le passage ...

La rupture d'un diaphragme de vase à freins n'entraînerait aucune conséquence grave; il en résulterait seulement que le frein ne s'ap... plus sur le véhicule où la rupture se serait produite, ... fonctionnement des appareils de tous les autres véhicules con... à s'effectuer normalement.

Le tube qui relie la conduite générale au distributeur est métallique et par conséquent peu exposé à crever

Le frein Soulerin offre donc plus de sécurité que le frein Clayton.

210. — *Remarques sur l'étanchéité des appareils.* — Dans un très intéressant travail sur le frein à vide automatique comparé avec les autres freins continus, M. R. Bonnin a prétendu que l'on pouvait obtenir une étanchéité de beaucoup supérieure à celle que permettent d'obtenir les diaphragmes, en faisant usage du frein Clayton avec anneau roulant.

M. Bonnin a invoqué à l'appui de son affirmation les essais effectués avec le frein à vide automatique, système Clayton, le 26 mars 1888, sur le chemin de fer du Saint-Gothard, entre Göschenen et Erstfeld, et dont il donne le tableau ci-dessous, duquel il semble conclure que pendant un parcours de 1 heure 26 minutes, les freins auraient toujours été appliqués et le vide n'aurait baissé que de 7 *cm* dans les réservoirs, et de 5 *cm* dans la conduite :

Stations. —	Heures. —	Vide du réservoir en *cm* de mercure. —	Vide de la conduite en *cm* de mercure. —
Göschenen......	6,42	48	48
—	6,45	45	34
—	6,50	44	39
—	6,55	41	34
—	7,00	41	30
Wassen........	7,03	»	»
—	7,05	47	47
—	7,10	39	32
—	7,15	39	27
—	7,20	38	26
—	7,25	38	28
Gurtnellen......	7,30	47	42
—	7,35	42	35
—	7,40	41	34
—	7,45	41	29
—	7,50	41	28
Amsteg........	7,52	43	32
—	7,55	40	34
—	8,00	44	43
—	8,05	38	29
Erstfeld........	8,08	51	52

[illegible] de M. Bonnin ne sont point justifiées, ainsi [illegible] d'un simple examen du tableau. Il est, en effet, évident qu'entre 7 heures et 7 heures 5 minutes, on a produit un desserrage, puisque le vide est remonté à 47 *cm* dans la conduite ainsi que dans le réservoir; entre 7 heures 25 minutes et 7 heures 30 minutes, il s'est effectué un second desserrage; entre [illegible] minutes et 7 heures 52 minutes on a desserré une troisième fois, entre 7 heures 55 minutes et 8 heures on a desserré une quatrième fois, et qu'enfin un dernier desserrage a été effectué à 8 heures 5 minutes.

Ces expériences auraient donc seulement démontré :

1° Que de 6 heures 45 minutes à 7 heures, soit en 15 minutes, le vide se serait abaissé de 1 *cm* dans le réservoir ainsi que dans la conduite;

2° Que de 7 heures 10 minutes à 7 heures 20 minutes, le vide serait descendu de 1 *cm* seulement dans le réservoir et de 6 *cm* dans la conduite;

3° Que de 7 heures 35 minutes à 7 heures 50 minutes, le vide serait descendu de 1 *cm* dans le réservoir et de 7 *cm* dans la conduite;

4° Que de 7 heures 52 minutes à 7 heures 55 minutes, la perte [illegible] aurait été de 3 *cm* dans le réservoir;

5° Que entre 8 heures et 8 heures 5 minutes, la perte de vide aurait été de 6 *cm* pour le réservoir.

En résumé, cette expérience, quoique démontrant parfaitement la possibilité de maintenir pendant un temps assez long l'application des freins, fait voir que la perte de vide n'est pas inférieure à 1 *cm* de mercure par minute.

En effet, si, par exemple, entre 6 heures 55 minutes et 7 heures [illegible] entre 7 heures 40 minutes et 7 heures 50 minutes, elle [illegible], les variations données pour le vide de la conduite [illegible] lieu de supposer qu'entre les moments d'observation, on a effectué des desserrages et des serrages successifs.

L'emploi des diaphragmes en toiles caoutchoutées permet d'obtenir une plus grande étanchéité que celle qui est indiquée pour [illegible] Clayton : en effet, il est très facile d'arriver à ne perdre en moyenne que 1 *cm* de mercure de vide par *5 minutes et souvent par 10 minutes*, ainsi que l'ont démontré des expériences récentes dans lesquelles il a fallu deux jours pour abaisser le vide de [illegible] *cm* à 15 *cm*.

En tous cas, le distributeur Soulerin peut être employé avec

un cylindre à freins quelconque, comme le montre la figure 43, au lieu d'un vase à diaphragmes. Ce cylindre peut être, du reste, soit à anneau roulant, soit à garniture emboutie.

IV. — Simplicité des appareils, poids des différents organes, dépense et facilité de l'entretien.

Simplicité.

211. — *Frein Clayton.* — *La soupape à boulet* du frein Clayton comprend deux pièces mobiles, dont, il est vrai, une seule, le clapet sphérique, se meut en fonctionnement normal.

Le cylindre, qui oscille lui-même autour de tourillons, se compose de deux parties mobiles et qui sont jusqu'à un certain point indépendantes l'une de l'autre, le piston et l'anneau roulant ; il y a, en plus, la garniture frottante du presse-étoupes au travers duquel passe la tige de commande de la timonerie. La non-étanchéité de cette garniture peut arrêter, ainsi qu'il a été dit plus haut, le fonctionnement des appareils sur le train tout entier.

212. — *Frein Soulerin.* — Le distributeur du frein Soulerin comporte également deux pièces mobiles. Dans le vase à diaphragme, le diaphragme seul est mis en mouvement et il n'y a aucune surface frottante ou garniture. Le frein Soulerin est incontestablement plus simple que le frein Clayton.

Poids des appareils.

213. — *Poids des freins Clayton et des freins Soulerin.* — Il est facile de se rendre compte que des appareils d'une même puissance de serrage devront être plus lourds avec le système Clayton qu'avec le frein Soulerin. En effet, dans le frein Clayton, le piston métallique, d'un grand diamètre et avec de hauts rebords, pèse beaucoup plus qu'un simple diaphragme avec ses plaques d'attache. Il y a aussi un cylindre alésé d'un poids considérable, un fond inférieur, avec presse-étoupes, des contreforts pour recevoir les tourillons et les supports dans lesquels ceux-ci doivent osciller ; en outre, comme les quantités d'air qui doivent circuler pour actionner les freins sont considérables, il y a nécessité pour obtenir un fonctionnement convenable, de faire usage de conduites générales d'un plus grand diamètre.

En réalité, les poids des appareils moteurs de même puissance de serrage sont par véhicule :

1° Avec le frein Clayton :

Cylindre à cloche avec son piston et sa tige	117	*kg*
Tuyaux de conduite.	44	—
Accouplements et bouchons	9	—
TOTAL	170	*kg*

2° Avec le frein Soulerin :

Distributeur et réservoir	30	*kg*
Vase à diaphragme et tige de commande	30	—
[illegible]	20	—
Accouplements et bouchons.	5	—
TOTAL.	85	*kg*

[illegible] juste la moitié du poids des appareils Clayton.

Dépense et facilité de l'entretien.

214 — *Frein Clayton.* — Les organes qu'il y aura lieu de remplacer le plus souvent dans le frein Clayton sont :

L'anneau roulant en caoutchouc ;

La garniture du presse-étoupes ;

Et le tube en caoutchouc qui raccorde le cylindre à freins à la [illegible] générale.

En tout temps il y aura lieu de veiller à ce que l'anneau roulant [illegible] garniture soient lubrifiés avec de la plombagine.

215 — *Frein Soulerin.* — Le seul organe sujet à usure, dans le [illegible] Soulerin, est le diaphragme dont le remplacement n'aura [illegible] à être plus fréquent que celui de l'anneau roulant du frein [illegible] Le coût du diaphragme est sensiblement le même que [illegible] de l'anneau roulant ; son remplacement est des plus faciles [illegible] à peine une demi-heure de travail, tandis que, tant [illegible] n'est pas crevé, son entretien est absolument nul, n'exigeant [illegible] lubrifiant.

Il résulte d'une longue expérience faite notamment au chemin [illegible] du Nord français, où les installations de freins à vide, [illegible] remontant déjà à une époque relativement éloignée, de[illegible] une connaissance approfondie de la question dans ceux qui [illegible] dirigées, que la durée moyenne d'un diaphragme est de [illegible] de trois années.

Les dépenses d'entretien seront donc moins considérables avec [illegible] Soulerin qu'avec le frein Clayton.

V. — Conclusion.

216. — *Conclusions tirées de ce qui précède.* — De l'examen qui précède, il résulte que dans le nouveau système de frein :

1° Le serrage et le desserrage sont plus rapides que dans les autres systèmes, et qu'il faut introduire ou aspirer *quatre fois moins d'air* qu'avec le frein de la « Vacuum Brake C° » ou frein Clayton ;

2° La modérabilité peut être aussi étendue que dans le frein Clayton. La modérabilité avec le frein Eames n'est obtenue que par la juxtaposition d'une seconde conduite générale et d'un second appareil distributeur ;

3° Les appareils sont plus simples que dans le frein Eames et le frein Clayton ;

4° La sécurité du fontionnement est plus grande qu'avec le frein Clayton ;

5° Le poids des appareils est la moitié de celui des appareils du frein Clayton ;

6° L'entretien est moindre que dans ce dernier, tout en étant au moins aussi facile.

CHAPITRE X

Comparaison entre les freins à vide et les freins à air comprimé.

I. — Freinage des trains de longueur ordinaire.

217. — *Objets de la comparaison.* — Les appareils seront examinés aux points de vue :

1° De la possibilité d'augmenter l'énergie du serrage ;

2° De la rapidité de l'action ;

3° De la simplicité et du poids des appareils, ainsi que de la dépense de leur entretien.

Possibilité d'augmenter l'énergie du serrage.

218. — *Freins à air comprimé.* — La pression de marche, qui est actuellement de 4 *kg* peut, sans inconvénient, être élevée, en cas de besoin, à 5 *kg*.

Il est, en outre, possible de raréfier l'air de la conduite générale dans laquelle la pression peut être abaissée à environ

… 5 kg au-dessous de la pression atmosphérique. Ce résultat … obtiendrait par l'addition d'un réservoir spécial, dans lequel … maintiendrait, pendant la marche et par un moyen quelconque, … certain degré de raréfaction. Lorsqu'on voudrait effectuer … serrage à fond, on mettrait en communication ce réservoir … conduite générale dès que la pression dans celle-ci se … suffisamment approchée de la pression atmosphérique.

… aurait, de cette façon, un *frein direct à vide* dont l'action … ajouter à celle d'un *frein automatique à air comprimé*.

Les freins *Carpenter* et *Schleifer* décrits aux §§ 22 et suivants, … à subir aucune modification pour fonctionner de la … Les freins *Soulerin* avec distributeurs, modèles nos 1 et 2, … pourraient être utilisés qu'à la condition d'ajouter aux cy… ou vases à freins une seconde chambre avec un joint … de la tige de commande de la timonerie. Cette seconde chambre devrait communiquer avec la conduite générale par un … branchement spécial contenant une soupape pour empêcher … de pénétrer de la conduite générale dans la chambre, tout … permettant à l'air contenu dans celle-ci de se rendre dans la … générale. La réintroduction de la pression dans la con… générale actionnerait cette soupape de façon à mettre la … chambre en communication avec l'extérieur.

En conséquence :

1° En augmentant seulement la pression de marche P, et … à 5 kg, on augmenterait l'énergie du serrage. La valeur … X qu'on a trouvée, au § 59, égale à 3,24 kg pour P = 4, serait, … à cette augmentation de P, égale à 4,1 kg. Les deux va… de X seraient donc comme 1 est à 1,25 ;

2° En maintenant P … 4 kg et en raréfiant l'air de la conduite générale de façon à abaisser sa pression à 0,5 kg au-dessous de … pression atmosphérique, la valeur de X serait égale à celle trouvée au § 59, augmentée de 0,5, soit de 3,79 kg ;

3° Enfin, en portant P à 5 kg et en faisant simultanément le vide dans la conduite générale, on obtient, pour X, une valeur égale à 4,1 + 0,5 = 4,6 kg.

L'énergie de serrage serait donc, dans ce cas, 1,42 fois celle … obtenue avec la pression normale et avec l'air comprimé seul.

219 — *Freins à vide.* — Avec les freins à vide automatiques, il

est impossible d'augmenter la puissance du serrage si ce n'est en introduisant dans la conduite générale de l'air comprimé dont la tension ne pourrait guère dépasser que de 0,5 *kg* la pression atmosphérique ; ce qui permettrait encore de *doubler* l'énergie du serrage.

Dans le cas du frein *Clayton*, il y aurait lieu d'introduire, dans le presse-étoupes, une seconde garniture autour de la tige de commande.

Dans le cas du frein *Soulerin*, il faudrait ajouter, comme pour le frein à air comprimé, une seconde chambre au vase à diaphragme. Cette chambre devrait communiquer avec la conduite générale par un branchement. On établirait sur ce branchement un appareil valvulaire qui empêcherait tout mouvement de l'air de la seconde chambre vers la conduite générale, tout en permettant la circulation en sens inverse dès que la pression dans la conduite générale approcherait suffisamment de la pression atmosphérique. La raréfaction de l'air dans la conduite générale aurait pour effet, au contraire, de faire communiquer la seconde chambre du vase à frein avec l'air extérieur vers lequel s'échapperait l'air comprimé qui y aurait pénétré.

L'appareil, ainsi modifié, serait un *frein à vide automatique*, dont l'action serait ajoutée à celle d'un frein à *air comprimé à action directe*.

220. — *Résumé.* — En résumé, avec les appareils moteurs, tels qu'ils sont usuellement employés et sans modification, les freins à air comprimé se prêtent mieux que les freins à vide à une augmentation de l'énergie de serrage. Lorsque l'on superpose l'action du vide à celle de l'air comprimé, l'avantage est de beaucoup en faveur des freins à vide.

Rapidité d'action.

221. — *Serrage.* — Des expériences faites sur les chemins de fer de l'État français il résulte que, dans les freins à vide *Clayton*, l'effort maximum de serrage a été obtenu, sur la voiture observée, un peu plus rapidement qu'avec le frein Westinghouse.

De nouveaux essais faits sur le Saint-Gothard en mars 1888, en même temps que ceux dont il est question au § 211, ont donné des résultats analogues. Le serrage maximum exigeait

[illegible] secondes avec le frein Westinghouse pour s'effectuer sur le *dixième* véhicule; avec le frein Clayton, il était obtenu dans le même espace de temps sur la *onzième* voiture.

[illegible], si l'on considère que l'action est plus rapide, ainsi qu'on a vu plus haut, avec le frein *Soulerin* qu'avec le frein *Clayton*, on peut conclure que les *freins à vide* doivent agir au serrage plus rapidement que les *freins à air comprimé*.

222 — *Desserrage*. — Dans les expériences du Saint-Gothard, dont il vient d'être parlé, on a constaté que le desserrage complet de la *dixième* voiture a exigé, en moyenne, douze secondes avec le frein *Westinghouse*, et quatorze secondes avec le frein Clayton.

Avec le frein *Soulerin*, on pourrait faire usage d'un réservoir de vide établi sur la machine, étant donné le faible volume d'air à aspirer pour produire le desserrage qui serait ainsi considérablement accéléré.

223 — *Résumé*. — En résumé, on peut affirmer que, au point de vue de la rapidité d'action, tant au serrage qu'au desserrage, les freins à vide du nouveau système peuvent agir plus rapidement que les freins à air comprimé.

SIMPLICITÉ ET POIDS DES APPAREILS ET DÉPENSE DE LEUR ENTRETIEN.

224 — *Simplicité*. — Les appareils moteurs placés sur les véhicules sont incontestablement aussi simples dans les freins à vide que dans les freins à air comprimé, tandis que les organes relatifs aux éjecteurs et autres, montés sur la machine, sont plus simples dans les freins à vide que les pompes de compression et autres relatives aux freins à air comprimé. En sorte que, dans l'ensemble, les freins à vide sont certainement plus simples que les freins à air comprimé.

225 — *Poids des appareils*. — On a vu au § 214 que les freins à vide du nouveau système ne pèsent, en moyenne, que 88 *kg* par véhicule. Des appareils à air comprimé *avec vases à diaphragme* seraient à peu près du même poids. Des appareils à air comprimé *avec cylindre à freins* atteindraient un poids total de 1[illegible]0 *kg* environ.

226 — *Dépense de vapeur et d'entretien des appareils*. — La dépense et la facilité d'entretien est sensiblement la même pour les freins à air comprimé que pour les freins à vide, en ce qui

concerne les appareils moteurs proprement dits et la dépense de vapeur.

Mais la pompe de compression exige beaucoup plus de soins que l'éjecteur et les boyaux de raccord, ainsi que tous les joints en général, se détériorent plus vite dans les freins à air comprimé que dans les freins à vide.

En sorte que, bien que la dépense d'entretien soit assez minime dans tous les cas, elle sera cependant plus importante dans le cas des freins à air comprimé que dans celui des freins à vide.

Conclusions

227. — *Conclusions.* — De tout ce qui vient d'être dit, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Sans introduire de changement dans les appareils ni de modifications dans le fonctionnement, on peut facilement accroître l'énergie du serrage dans les freins à air comprimé; mais il ne faut pas oublier que cet accroissement est obtenu aux dépens de la rapidité de propagation du serrage, ainsi qu'il résulte de la remarque du § 97;

2° En superposant l'action par le vide à l'action par l'air comprimé et *vice versa*, on peut doubler la puissance de serrage du frein à vide et augmenter de 40 0/0 seulement celle du frein à air comprimé;

3° L'action peut être rendue plus rapide avec les freins à vide qu'avec les freins à air comprimé, aussi bien au serrage qu'au desserrage, notamment par l'introduction, lorsqu'elle est possible, d'un réservoir de vide sur la machine ou sur le tender;

4° Le poids des appareils à vide est, en général, moindre que celui des appareils à air comprimé et l'entretien en est moins coûteux.

II. — Freinage des trains de marchandises.

228. — *Conditions pratiques à réaliser.* — Le freinage des trains de marchandises, quoique possible en théorie, ne peut être réalisé qu'autant qu'il n'entraînera pas de frais de premier établissement trop considérables et que les appareils moteurs employés seront robustes et d'une manœuvre simple et facile.

Il y a donc lieu d'examiner si le freinage ne peut pas être obtenu sans qu'on ait à recourir à l'emploi d'appareils distributeurs spéciaux, tels que ceux qui ont été décrits aux §§ 94 et suivants ou celui qui est représenté par la figure 42.

A un autre point de vue, la timonerie devra être établie de telle façon que l'effort soit toujours à peu près proportionné à la charge qui est elle-même essentiellement variable dans un train de marchandises dont plusieurs véhicules circulent souvent vides.

Mais il est encore évidemment bien plus important de la disposer de telle façon que la course des pistons moteurs doit être aussi faible que possible, afin que la quantité d'air à mettre en mouvement soit elle-même la plus petite possible.

Actuellement, l'arrêt des trains de marchandises exige un temps assez long, un personnel nombreux et se fait dans de mauvaises conditions pour le matériel roulant. Si on pouvait soumettre la marche de ces trains à l'action de freins continus suffisamment [illegible] pour produire, à la volonté du mécanicien, des ralentissements et des arrêts, sans faire éprouver de chocs au matériel, il en résulterait déjà un progrès fort important et dont la réalisation [illegible] d'être impossible.

Il est, en effet, résulté des essais faits à Burlington en 1886 (voir *Railroad Gazette* de 1886, p. 523, au bas de la troisième colonne), qu'il a suffi d'un peu d'expérience de la part des mécaniciens pour obtenir avec des trains de 50 véhicules dont quelques-uns étaient chargés et d'autres traînés à vide, des arrêts complets en 150 *m* avec des vitesses de 32 *km* à l'heure, et en 450 *m* avec des vitesses de 64 *km*, sans produire aucun choc sensible sur le dernier véhicule.

229 — *Importance de l'emploi d'appareils moteurs modérables.* — On sait que pour produire des arrêts dans les meilleures conditions possibles, il faudrait pouvoir freiner instantanément tous les véhicules d'un train, ou du moins les saisir en un temps suffisamment court pour détruire toutes les réactions qui pourraient se produire sur les attelages et donner naissance à des chocs violents.

Ces réactions sont d'autant plus à redouter dans les trains de marchandises, qu'il est impossible d'y employer des attelages rigides, et que ces trains se composent d'un très grand nombre de véhicules.

On a vu, en effet, qu'avec les freins à air comprimé (§ 186), la durée t_n nécessaire à la propagation du serrage entre le $n^{ième}$ et le $(n+1)^{ième}$ véhicule est égale à $(2n+1)\theta$, θ étant le temps requis pour la propagation du serrage entre le premier et le deuxième véhicule. Or, lorsque, par exemple, $n = 49$, t_n est égal à 97θ ; il est

donc important, dans ce cas, que les ralentissements causés par l'application des freins aux vitesses des véhicules occupant des rangs quelconques n et $(n+1)$, diffèrent toujours entre eux, le moins possible, et que le serrage se transmette de proche en proche comme par couches superposées. Ce résultat ne peut s'obtenir qu'au moyen d'appareils modérables.

Par appareils modérables, il faut donc entendre, ainsi qu'il a été déjà dit au § 187, ceux qui, non seulement permettent de graduer à volonté le serrage, mais surtout ceux qui ne produisent le serrage à fond qu'en passant par tous les efforts intermédiaires du serrage, quelque rapide que soit ce passage, en sorte que la différence dans les efforts des serrages exercés sur deux véhicules consécutifs soit la plus petite possible.

230. — *Moyens d'accélérer la vitesse de propagation du serrage avec des distributeurs ordinaires.* — Afin de rendre possible l'application de distributeurs ordinaires au freinage des trains de marchandises, il est donc utile d'accélérer la propagation de la dépression ou de la pression, selon le cas, dans la conduite générale, ce qui peut s'obtenir en établissant les distributeurs sur celle-ci, sans branchements, et en recourant à l'un des moyens suivants :

1° *Avec les freins à air comprimé automatiques.* — De la remarque du § 97 il résulte, et l'expérience l'a confirmé, que la vitesse de propagation de la dépression est d'autant plus faible que P est plus grand par rapport à la pression p du milieu vers lequel se fait l'écoulement.

En effet, si la vitesse d'écoulement augmente avec la différence $P - p$, le poids d'air débité est loin de croître aussi rapidement que les vitesses.

On peut donc accélérer la vitesse de propagation de la dépression en faisant écouler l'air de la conduite générale dans un réservoir spécial, dans lequel cet écoulement produirait une contre-pression dont l'importance pourrait être réglée à volonté et de façon à arriver aux meilleurs résultats possibles.

2° *Avec les freins à vide automatiques.* — Étant donné que le débit croît avec la différence $P - p$, il est évident qu'on peut accélérer la vitesse de propagation de la pression en augmentant P.

Il en résulte qu'au lieu de puiser directement dans l'atmosphère l'air qui doit pénétrer dans la conduite générale, pour y produire

desserrage, on a avantage à le puiser dans un réservoir spécial d'air comprimé, produit par une pompe de compression.

Inversement, pour produire le desserrage, on pourrait faire usage d'un réservoir de vide dans lequel on dirigerait l'air de la conduite générale. On aurait ainsi, dans le cas des freins à vide, une puissance accumulée qui permettrait d'effectuer le desserrage aussi rapidement qu'on pourrait le désirer, rapidité qui dépendrait de la grandeur du réservoir et du degré de vide qui y est entretenu.

231 — *Remarque.* — Les conclusions 3e et 4e du § 227 peuvent également être tirées de ce qui précède. En sorte que, pour le freinage des trains de marchandises, il semble que la préférence doive également être donnée au *frein à vide* sur le *frein à air comprimé*.

TABLE DES MATIÈRES

CINQUIÈME PARTIE

MÉMOIRE SUR LES TRAVAUX

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

DE 1889

PAR

M. L. BOUDENOOT

Messieurs,

J'ai l'honneur de faire hommage à la Société des Ingénieurs civils, au nom du bureau du Congrès international de mécanique appliquée, de l'opuscule qui contient les procès-verbaux sommaires des séances du Congrès; et, à cette occasion, je vous entretiendrai de l'œuvre du congrès de mécanique.

Elle est vôtre, en grande partie, messieurs, et la Société des Ingénieurs civils a été si brillamment représentée dans les travaux du Congrès, que vous pouvez, à bon droit, réclamer une large part de l'honneur et du mérite qui pourront s'attacher à son œuvre.

Pour vous montrer que l'on est autorisé à parler ainsi, il me suffira de vous citer les détails suivants :

Le Comité d'organisation du Congrès international de mécanique appliquée comptait 28 membres, dont 19 font partie de la Société des Ingénieurs civils.

Le Bureau du comité a compté finalement sept membres, dont [illegible] de la Société des ingénieurs civils.

Les trois vice-présidents étaient MM. *Gottschalk*, *Farcot* et *Polonceau*, c'est-à-dire deux de nos anciens présidents et l'un de nos vice-présidents actuels.

Le président du Congrès a été l'éminent et regretté M. *Phillips* ; pour le remplacer dans la direction des travaux qui restent à exécuter, tant au point de vue de la suite à donner aux vœux émis par le Congrès, qu'au point de vue des publications qu'il y a à faire paraître, l'on a fait choix de M. *Gottschalk*, ancien président de la Société des Ingénieurs civils.

Les trois secrétaires du Congrès sont trois membres de notre Société, MM. *Alfred Tresca*, *de Nansouty* et *Boudenoot* ; et vous

n'ignorez pas que dans les congrès, commissions et autres réunions semblables, c'est aux secrétaires, et par suite, dans le cas présent, à des ingénieurs civils, qu'incombe une grande partie de la besogne.

Je ne parlerai pas de moi, envers qui le président du Congrès a été trop flatteur en disant que j'avais été la cheville ouvrière du Congrès ; mais de MM. *Tresca* et *de Nansouty*.

M. *de Nansouty* a non seulement pris part au Congrès de mécanique, mais encore aux travaux de la commission générale du génie civil et des travaux publics, dans laquelle il a fourni un concours très précieux à la préparation de tous les congrès.

Quant à M. *Tresca*, c'est à lui que nous devons presque entièrement la rédaction très remarquable, et si difficile à faire, de nos procès-verbaux ; et c'est lui encore qui poursuit actuellement la publication très volumineuse du compte rendu *in extenso* des mémoires, rapports, communications et discussions du Congrès de mécanique.

Je rappellerai ensuite que le programme du Congrès comportait neuf questions principales, dont six sujets soumis à la discussion et trois sujets à traiter sous forme de conférence.

Sur les neuf rapporteurs de ces questions, sept étaient des ingénieurs civils.

Enfin, vous pourrez constater, à la lecture des procès-verbaux, que plus des trois quarts des communications faites au Congrès émanent d'ingénieurs civils, et que ces derniers ont pris la part la plus considérable aux diverses discussions qui se sont déroulées en séances.

Les séances du Congrès ont eu lieu au Conservatoire des Arts et Métiers. Il y a eu sept séances générales et à peu près autant de séances spéciales pour chacune des trois sections entre lesquelles avaient été répartis les travaux.

Le nombre des membres du Congrès de mécanique s'est élevé à 335, dont 241 Français, 3 Alsaciens et 91 étrangers (Belges, Russes, Italiens, Autrichiens et Hongrois, Anglais, Hollandais, Espagnols, Suisses, Américains).

Douze gouvernements se sont fait représenter par des délégués.

A la première séance, le Congrès a élu président M. Phillips, et nommé membres du Bureau du Congrès les membres du bureau du comité d'organisation, auxquels ont été adjoints divers membres français et étrangers.

Le bureau du Congrès s'est ainsi trouvé constitué de la manière suivante :

Président : M. Phillips.

Vice-présidents : MM. Gottschalk, Farcot, Polonceau (*France*), Rasenster (Autriche), Kraft (Belgique), Almgreen (Suède).

Vice-présidents honoraires : MM. de Comberousse, Haton de la Goupillière et Hirsch (*France*), Hirn (*Alsace-Lorraine*), Bramwell, Cowper et Douglas-Galton (*Grande-Bretagne*), le général de Menabrea (*Italie*), Petroff et Belelubsky (*Russie*), Michaëlis (Pays-Bas).

Secrétaires : MM. Tresca (Alfred), de Nansouty et Boudenoot ; MM. Anthoni, Compère, Gouilly, Lattès, Marié, Pinget et [illegible]

Aussitôt après la constitution du Bureau, les membres du Congrès se sont répartis en trois Sections.

Travaux de la première Section.

La première Section a eu à traiter toutes les questions qui se rattachent aux sujets suivants :

[illegible] du cheval-vapeur (spécification de la puissance des générateurs de vapeur ; Rendement).

Machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs.

Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878.

Ces trois sujets avaient été inscrits longtemps à l'avance dans le programme du Congrès, et ont fait l'objet d'importants rapports [illegible] par MM. *Alfred Tresca*, *Mallet* et *Polonceau*.

Parmi les questions exposées et discutées au sein de la première Section, je citerai tout d'abord un travail de M. *Dwelshauvers-Dery* sur les *Moyens d'économiser la vapeur dans les machines à un seul cylindre*.

Le savant professeur de Liège pose ce principe : que le maximum d'économie est obtenu lorsque la vapeur, à la fin de la [illegible], est sèche et saturée ou légèrement surchauffée. Dans ce cas l'action malfaisante des parois pendant l'échappement se trouve réduite à un minimum.

En définitive, c'est la surchauffe que M. Dwelshauvers-Dery [illegible] comme le plus généralement applicable.

Au cours de la discussion qui s'est engagée sur ce mémoire, il a été exposé des détails et des aperçus fort intéressants qu'on lira [illegible] dans le procès-verbal rédigé avec une clarté et une [illegible] remarquables par M. *Haton de la Goupillière*, président

de la Section, détails qu'il serait trop long de développer dans ce compte rendu sommaire.

M. *Dubost* a fait ensuite une communication qui a excité un vif intérêt sur sa méthode de construction d'une *épure*, rigoureusement exacte, pour la distribution par tiroir unique, lorsque l'on tient compte de l'obliquité de la bielle.

M. *de Quillacq* a fait connaître la nouvelle disposition de la machine Whéelocq, type 1885, qu'il construit à Anzin.

M. *Raffard* a exposé les divers résultats de ses études sur les organes fondamentaux de la machine à vapeur : bielle, manivelle, arbre, volant ; et le Bulletin technologique de la Société des Anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers publie, précisément ce mois-ci, ces intéressantes études.

M. *de Landsée* a décrit un nouveau type de machines à vapeur accouplées, qu'il appelle *Compound français*, et expliqué comment, d'après lui, un moteur accouplé à deux cylindres d'égal diamètre, conserve l'avantage du compound à deux cylindres inégaux, tout en esquivant ses inconvénients, notamment la difficulté du démarrage.

M. *Bonjour* a présenté un travail remarquable sur un nouveau procédé de commande des tiroirs de distribution au moyen de l'orientation facultative du collier d'excentrique. Ce procédé permet de faire varier l'admission dans des limites aussi étendues que possible, par la seule action du régulateur ; certains diagrammes indiquent une variation d'admission entre 0 et 70, sans qu'on voie varier sensiblement la compression et l'avance à l'échappement.

M. *Richard*, après avoir rappelé l'utilité des enregistreurs dans l'industrie, a décrit un appareil de son invention destiné à donner, soit un produit, soit un quotient ; cette invention s'appliquerait, soit à l'indicateur de vitesse absolue ou cinémomètre, soit à l'indicateur de travail dérivé du dynamomètre White ; puis il a décrit un second appareil permettant de mesurer, à distance, la vitesse de rotation d'une roue ou d'un volant, et un planimètre.

M. *Arnoux* a fait l'historique des pendules isochrones, établi la théorie du régulateur et conclu que :

1° Les boules doivent être animées de la plus grande vitesse possible ;

2° La course du manchon doit être réduite au minimum.

En terminant, M. Arnoux nous a donné des détails sur la

balance dynamométrique, inventée par M. *Carpentier*, modifiée [par] M. *Buffard*, qui a été employée par M. *Marcel Deprez*, à Creil, [qui] paraît être d'un maniement plus facile, tout en présentant [moins] de chances d'erreur, que le frein de Prony.

Travaux de la deuxième Section.

La deuxième Section a eu à traiter toutes les questions qui se rattachent aux sujets suivants :

— Choix des métaux les plus propres à la construction des pièces de machines. (Bureaux d'essais, épreuves, méthodes d'essais et de contrôle.)

— Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878.

— Progrès réalisés par les appareils à production de vapeur. (Étude des principaux types de chaudières à petits éléments.)

Ces trois sujets avaient été inscrits depuis longtemps au programme du Congrès et ont fait l'objet de rapports remarquables rédigés par MM. *Cornut*, *Bour* et *Olry*.

Cette deuxième Section a examiné les diverses questions portées à son ordre du jour, sauf la note de M. *Huet* sur le rendement et les épreuves des chaudières à vapeur, et le mémoire de M. *Webb* sur les chaudières et boîtes à feu des locomotives. — Ces deux documents seront d'ailleurs insérés *in extenso* dans le Compte rendu complet des travaux du Congrès, et atténueront le regret [qu'a] causé l'impossibilité où se sont trouvés les auteurs de faire leur communication.

L'excellent procès-verbal des séances de cette session, rédigé par M. *Sauvage*, président, rend très facile le compte rendu que [j'ai] à vous en présenter.

La première étude a porté sur le travail de M. *Marié* relativement aux machines d'essai des matériaux, au frottement des cuirs emboutis et à la mesure des hautes pressions.

M. Marié a d'abord reconnu, par une série d'expériences, que le frottement des cuirs emboutis était beaucoup plus faible qu'on ne l'admet généralement.

Le principe de la méthode de M. Marié est très simple. M. Marié a pris un bloc d'acier traversé de part en part par un piston d'assez grand diamètre. Ce bloc contenait une cavité pleine d'eau sous pression, et des cuirs emboutis formaient garniture autour du piston de chaque côté de cette cavité. Le frottement était mesuré par l'effort qu'il fallait exercer pour déplacer l'ensemble de ces

deux pistons. Deux cuirs emboutis étant employés dans l'appareil, on n'a qu'à diviser le résultat par deux pour obtenir le frottement d'un cuir.

On a objecté que le second de ces cuirs était frotté en sens contraire du premier, et que le coefficient de frottement pouvait être un peu différent; il n'était donc pas prouvé qu'en divisant par deux on obtînt le frottement d'un seul cuir embouti.

M. Marié a montré qu'il n'y avait presque pas d'intérêt à savoir si un seul cuir donnait la moitié ou une fraction un peu différente de l'effort, vu la faible valeur de la résistance totale.

Ce point établi pour une machine d'essai consistant en une simple presse hydraulique, où par conséquent le frottement des cuirs emboutis est négligeable, il reste à mesurer la pression de l'eau.

M. Marié a indiqué comment on pouvait arriver à avoir des manomètres métalliques donnant cette pression et exposé le principe de l'appareil.

La conclusion de M. Marié est qu'il est possible, avec une simple presse hydraulique et un manomètre, d'obtenir à peu de frais une machine d'essai puissante et exacte.

La Section a été d'avis que les renseignements sur les coefficients de frottement présentent un grand intérêt, non seulement pour les machines d'essai de matériaux, mais encore pour toute l'industrie en général. Elle a émis le vœu que les expériences de M. Marié sur les cuirs et les garnitures de toutes sortes fussent continuées dans les laboratoires de mécanique appliquée.

La seconde question à l'ordre du jour était le travail très important de M. *Svilokossitch* sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux de construction. Ce mémoire a été lu et discuté assez longuement par la Section, qui a émis l'avis suivant : il est nécessaire de donner le plus de détails possibles en rapportant les essais de traction et autres, la simple mention des chiffres de résistance et d'allongement étant évidemment insuffisante. Il faut tâcher de rapporter toutes les circonstances de l'expérience afin que plus tard on puisse comparer cet essai à d'autres.

M. Marié a signalé une loi intéressante, la loi de similitude des éprouvettes, de laquelle il résulte qu'il ne serait pas absolument nécesssaire d'avoir toujours des éprouvettes ayant les mêmes dimensions, mais des éprouvettes ayant des dimensions géométriquement semblables; par exemple, il suffirait que le rapport du diamètre à la longueur fût toujours le même.

A ce sujet, la Section a émis ce second vœu que la loi de similitude des éprouvettes fût étudiée, à nouveau, dans toutes ses circonstances.

En troisième lieu, la Section a recommandé l'emploi de machines donnant le tracé graphique de toutes les circonstances de l'essai.

En quatrième lieu, elle a pris acte de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur l'unification des essais de métaux.

La Section a ensuite entendu et discuté le mémoire de M. *Godillot* sur l'utilisation de mauvais combustibles par l'emploi de foyers à combustion méthodique. Vous connaissez tous, car il a été présenté à la Société, le système par lequel M. Godillot est arrivé à brûler des combustibles extrêmement mauvais, non seulement des copeaux, mais de la tannée ; bien entendu, pour chaque espèce de combustibles, il a fallu faire une étude spéciale ; ce qui convient à l'un ne convient pas toujours pour l'autre. M. Godillot a donné des tableaux très intéressants du pouvoir calorique de ces différents combustibles comparé à celui de la houille, et il a indiqué la manière de faire varier la consommation des grilles suivant les besoins.

La Section a été d'avis qu'il est important d'avoir un grand nombre d'essais sur ces questions, et notamment sur la combustion du charbon menu.

Plusieurs mémoires, sur divers types de chaudières à circulation d'eau dans les tubes, ont été lus par MM. *d'Allest*, *Trépardoux*, *Roser* et *Lesourd*, M. Lesourd parlant du générateur Serpollet.

A l'occasion du mémoire sur le générateur Serpollet, la Section a pensé qu'il serait utile d'éclaircir quelques points; qu'il serait nécessaire, en particulier, d'avoir des données précises sur l'appareil, de faire des expériences pour déterminer la section réelle du tube du générateur Serpollet à chaud et en pression, pour connaître la quantité d'eau vaporisée avec un tube donné, l'utilisation du combustible dans ce générateur et les phénomènes qui accompagnent la vaporisation de l'eau dans une enceinte aussi restreinte. Il y a là des questions théoriques qui malheureusement n'ont pas été étudiées jusqu'à ce jour.

M. d'Allest a décrit un générateur à tubes, employé par la Compagnie Fraissinet, qui se substitue à la chaudière marine ordinaire.

La chaudière marine ordinaire, avec son très grand diamètre, a une épaisseur de tôles très considérable, quand on veut aborder

les hautes pressions nécessaires aujourd'hui pour les machines à triple expansion; de plus, on lui reproche une circulation d'eau assez difficile, ou du moins, on est parfois conduit à adopter des appareils accessoires pour bien assurer cette circulation.

Le générateur que M. d'Allest a décrit, et qui est formé de tubes, est disposé de manière à tenir la même place qu'une chaudière marine ordinaire; de plus, il se distingue par la présence d'une chambre de combustion assez grande, c'est-à-dire que les tubes ne sont pas très rapprochés de la grille, et ensuite par quelques précautions ingénieuses pour bien faire circuler les gaz chauds à travers le faisceau tubulaire; les sections des carneaux ont été calculées en tenant compte du refroidissement des gaz qui en diminue le volume.

La Section a été de l'avis de M. d'Allest sur l'utilité d'avoir une chambre de combustion suffisante au-dessus de la grille.

M. Trépardoux a donné des détails intéressants sur un type spécial de chaudière à circulation d'eau dans les tubes, qui consiste en une enveloppe cylindrique au milieu de laquelle est le foyer et un bouilleur cylindrique central. Le bouilleur et l'enveloppe sont reliés par des tubes légèrement inclinés; cette chaudière présente des chicanes intérieures pour la circulation de l'eau et de la vapeur.

Le point particulièrement discuté à l'occasion de cette chaudière, dont on a tour à tour signalé les avantages, la légèreté, l'économie sur la dépense de combustible, l'économie sur le temps de mise en pression, etc., a été de savoir s'il était avantageux et prudent d'avoir des tubes où ne circule que de la vapeur. Dans cette dernière disposition de chaudières, ces tubes risquent d'être trop chauffés parce qu'ils ne sont jamais refroidis par l'eau ; dans la chaudière présentée, cependant, on a pensé que les tubes étant constamment humides ne présentaient guère cet inconvénient.

M. Rocour a décrit une chaudière dérivée de la chaudière Field.

C'est une chaudière Field dans laquelle la grande cheminée centrale a été supprimée et remplacée par une série de tubes à travers lesquels passent les gaz chauds; au-dessous de chacun de ces tubes pend une série de tubes Field ordinaires; les tubes traversés par les gaz chauds sont en partie dans l'eau, en partie dans la vapeur, mais on a pensé qu'ils étaient suffisamment refroidis pour que cette disposition ne présentât pas d'inconvénient.

Le second point de la chaudière de M. Rocour est la manière de

[illegible] l'enveloppe qui entoure le foyer. Cette enveloppe, dans les [illegible] Field ordinaires, consiste en deux cylindres entre les- [illegible] se trouve de l'eau. M. Rocour, au contraire, a fait cette en- [illegible] de tubes Field jointifs ; il fallait un certain artifice pour [illegible] ces tubes, parce que les trous de la plaque tubulaire [illegible] également touchés si ces tubes avaient la forme ordi- [illegible] a simplement résolu la question, en faisant usage de [illegible] rétrécis à leur partie supérieure et qui ont la forme [illegible] de bouteille. La partie supérieure de petit diamètre [illegible] encastrée dans la plaque tubulaire. M. Rocour a insisté sur la [illegible] de construction de sa chaudière, qui n'exige que les res- [illegible] que présentent tous les ateliers de chaudronnerie, et sur [illegible] et l'économie de ce type de chaudière qui, en tout cas, [illegible] très intéressant.

Travaux de la troisième Section.

La [illegible] Section a eu à traiter les questions qui se ratta- [illegible] aux sujets suivants :

[illegible] mécanique et utilisation du froid artificiel.

Transmission à distance et distribution du travail par les procé- [illegible] autres que l'électricité (eau, air, vapeur, câbles).

Machines thermiques autres que les machines à vapeur d'eau.

[illegible] trois sujets auraient été inscrits par le comité d'organisa- [illegible] dans le programme des travaux du congrès, et ont fait l'objet [illegible] rapports rédigés par MM. *Richard*, *Boudenoot et Hirsch*.

A cette Section ont également été renvoyées toutes les commu- [illegible] dont le sujet ne pouvait être rattaché d'une façon plus [illegible] à telle ou telle question préalablement inscrite au pro- [illegible].

MM. *Hirsch*, président, et *Gustave Richard*, vice-président, ont [illegible] des travaux de cette Section, des comptes rendus si [illegible] qu'il me suffira de les analyser pour vous montrer [illegible] que les discussions ont présenté et vous inspirer le désir [illegible] connaître dans toute leur étendue.

M. *Gustave Richard*, qui avait traduit le mémoire de M. W. *Do-* *naldson*, sur la transmission de la puissance à l'aide de fluides [illegible] pression, en a développé les points principaux.

M. W. Donaldson donne la préférence à l'eau sous pression [illegible] agent de transmission du travail et décrit le projet d'as- [illegible] d'une ville au moyen d'égouts à petite section cons-

tamment épuisés à l'aide de pompes. Ces pompes, installées en divers points de la ville, sont commandées par une usine motrice unique, à l'aide d'une canalisation d'eau comprimée.

Ce procédé, vous le remarquerez sans doute comme moi, n'est pas sans analogie avec le système de vidange pneumatique de M. Berlier, expérimenté à Lyon et à Paris.

M. *Hanarte* a fait la description et la théorie de ses compresseurs d'air et des pompes nouvelles de son invention, dans lesquels la grande vitesse du piston ne donne lieu ni à des chocs ni à des pertes de charge importantes.

M. *Brancher* à lu un mémoire de M. *Léon Dufresne*, sur l'historique de l'air comprimé.

M. *Brancher* a fait, en outre, une communication personnelle très intéressante sur quelques points particuliers de la théorie des courroies et sur un nouveau mode de construction de poulies en fer à la fois légères et très solides.

M. *Butticaz* a donné la description de l'installation faite à Genève pour la distribution de l'eau et du travail. La force motrice est obtenue au moyen de la chute d'un barrage établi sur le Rhône à sa sortie du lac de Genève ; elle est recueillie dans une vaste usine, au moyen de turbines actionnant des pompes ; l'eau comprimée est ensuite distribuée, et on l'utilise pour la force motrice, au moyen de turbines de très petit volume et tournant à grande vitesse. M. Butticaz a fait passer sous les yeux des membres de la Section les dessins très complets de cette belle installation, en les accompagnant d'explications du plus grand intérêt.

Dans son mémoire sur la transmission et la distribution de la force par l'air comprimé, M. *Solignac*, ingénieur de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, a donné, outre la description sommaire des installations de cette Compagnie, les éléments d'un projet de distribution d'air comprimé plus considérable encore (10 000 chevaux), établie dans des conditions analogues.

Tout en rendant hommage à la compétence toute spéciale de l'auteur, quelques-unes de ses conclusions ont paru à la plupart des auditeurs peut-être un peu trop exclusives en faveur de l'air comprimé. Il est résulté de la discussion du mémoire de M. Solignac que les différents modes de transmission de la force, l'électricité notamment, étaient loin d'avoir dit leur dernier mot, et qu'il se présenterait toujours, dans la pratique, des circonstances parti-

...res telles qu'il serait prématuré de donner dès aujourd'hui, ... préférence exclusive à l'un ou l'autre de ses moyens.

M. *Hallauer*, absent de Paris, s'étant excusé, son mémoire (sur ... conditions auxquelles doivent satisfaire les moteurs à vapeur, ... hydrauliques et autres destinés à la conduite des machines ...électriques), n'a pu être lu et discuté : il paraîtra dans ... compte rendu *in extenso* des travaux du congrès.

M. *Anthoni* a exposé les procédés qu'il met en usage pour empêcher ... vibrations des machines de se communiquer au sol.

... question devient chaque jour de plus en plus pressante et a ... dans ces derniers temps, une véritable acuité : les machines ...stallent dans le centre des lieux habités, notamment les usines ...triques, et les voisins se trouvent souvent fort gênés par les trépidations qu'elles produisent ; de là des réclamations et des procès. ... faire taire ces vibrations, M. Anthoni asseoit la machine ... supports en caoutchouc ; mais ce n'est pas assez d'un ... vertical ; tout contact métallique d'une pièce de machine ... pièce fixée au sol suffit pour transmettre les vibrations : ...ut recourir à un isolement complet, électrique pour ainsi dire. M. Anthoni a étudié le problème avec une sagacité remarquable ... donné à la Section la description des procédés auxquels il a ... par cette étude. Ces procédés ont réussi à tel point que ... vibrations les plus violentes, telles que celles qui sont produites par des marteaux-pilons, se trouvent complètement amorties.

M. *Raffard* a décrit une ingénieuse modification au totalisateur Poncelet.

... sait que les indications de ce totalisateur cessent d'être exactes quand la roulette arrive aux environs du centre du plateau ; ... parer à cet inconvénient, M. Raffard emploie, au lieu d'une ... roulette, deux roulettes folles aux extrémités d'un diamètre ... plateau. L'écartement de ces roulettes est invariable sur leur ... qui se déplace avec elles, parallèlement au plateau, de quantités proportionnelles aux efforts : il en est de même de la somme ...gébrique de leur rotation, et c'est la différence de ces rotations ... totalise le travail, exactement en tout point, parce que les ...ettes ne se rapprochent jamais trop du centre du plateau. La ...ture de la somme des rotations fournit d'ailleurs un élément ... contrôle. Le perfectionnement très simple de M. Raffard peut ...apter très facilement aux nombreuses applications du totalisateur de Poncelet.

M. *Trouvé* a apporté et fait fonctionner un grand nombre de modèles très ingénieux de dynamomètres donnant, sur des échelles très étendues et depuis les plus petites forces, des indications très précises.

Dans ces appareils, l'effort est mesuré par la torsion d'une lame logée dans la tige du dynamomètre, et la vitesse par la dépression que détermine, sur un manomètre, la rotation dans l'air ou dans l'eau, d'un tourniquet ou tube à réaction tournant avec l'appareil. Ces dynamomètres, remarquables par une foule de détails ingénieux, peuvent, en principe du moins, s'appliquer aussi aux très grandes forces.

M. *Sneyers* a présenté un frein qui est une application très ingénieuse de la résistance considérable que développe le frottement d'une brosse pressée sur une autre brosse ou sur une surface dentelée. M. Sneyers a réalisé, d'après ce principe, au moyen de brosses en acier, des freins d'ascenseurs et des embrayages très sûrs et très énergiques, sous un faible volume, et qui n'exigent que peu d'entretien.

Je terminerai cette revue de la troisième Section en notant, comme une des plus brillantes, la discussion qui s'est engagée à propos du mémoire de M. Gustave Richard, sur la production mécanique et l'utilisation du froid artificiel.

M. Diesel a exposé ses idées sur la matière : il combat la surchauffe en pratique et en théorie et déclare que tout compresseur qui surchauffe est inférieur à tout compresseur sans surchauffe, quel que soit le corps intermédiaire employé.

Comme fluide intermédiaire, il rejette successivement l'air, l'éther, l'acide sulfureux et l'acide carbonique ; ses préférences se portent sur l'ammoniac : il montre les défauts des machines verticales, des machines à réaction, telles que celles de Carré, et émet l'opinion que le système qui a, jusqu'à ce jour, la prééminence est celui de M. Linde tel qu'il est construit aujourd'hui chez Sulzer.

Mais on s'est demandé s'il était toujours nécessairement vrai que la compression d'un gaz liquéfiable donnât lieu, dans le cylindre compresseur, à une surchauffe du gaz. D'une part, M. Diesel apportait des faits d'observation favorables à cette théorie ; d'autre part on faisait observer qu'il ne fallait pas confondre l'échauffement avec la surchauffe.

Cet examen contradictoire amena chacun à reconnaître que ni

ni l'autre des deux opinions ne présentait une certitude absolue ; et le motif de ces doutes est bien simple : on manque jusqu'à ce jour des données numériques indispensables pour calculer les phénomènes qui se passent pendant la compression.

M. Richard, en constatant cet accord, résuma la discussion et fit remarquer combien il est regrettable que, faute de données, des points les plus intéressants de la théorie des machines à froid demeurent nécessairement dans le doute et l'obscurité. En conséquence, il proposa à la Section d'émettre un vœu tendant à ce que des expériences fussent entreprises pour déterminer les constantes physiques des fluides employés dans les machines à produire le froid.

Cette proposition a été adoptée à l'unanimité par la Section, et, appuyée en séance plénière par M. Diesel, elle a été également adoptée par le Congrès.

Enfin, sur cette même question des machines à produire le froid, M. *Lebrun* a décrit un système de machine à ammoniac, dans lequel il a pu supprimer les presse-étoupes des tiges des compresseurs.

Les compresseurs sont à simple effet et sont séparés par un réservoir en forme de cloche qui renferme la transmission du mouvement. Un cadre rectangulaire, fixé aux tiges des pistons, est commandé par un arbre coudé, passant à travers les parois du réservoir; cet arbre n'ayant d'autre mouvement que celui de rotation qui lui est donné par une transmission extérieure.

Travaux du Congrès en séance plénière.

Telle a été, Messieurs, l'œuvre des sections du Congrès ; il me reste maintenant à vous entretenir des séances plénières que j'ai gardées pour la fin, parce que c'est dans les séances plénières que se sont établies les discussions générales aboutissant aux vœux formulés par le Congrès, vœux qu'il me paraît utile de mettre entièrement sous vos yeux.

Deux séances ont été consacrées à l'examen et à la discussion des trois mémoires suivants :

— Machines thermiques, autres que les machines à vapeur d'eau, par *M. Hirsch*.

— Essais des matériaux, par *M. Cornut*.

— Machines à froid, par *M. Gustave Richard*.

Il n'entre pas dans le cadre de mon travail de vous analyser les

diverses parties du très remarquable mémoire de M. Hirsch. Si l'on voulait entrer dans des détails, il faudrait tout citer.

Je dirai seulement que l'auteur passe successivement en revue les points ci-après :

— Comparaison du rendement des machines à vapeur avec celui des machines à gaz.

— Machines à vapeur surchauffée par l'action directe du combustible ou par mélange de vapeurs à températures différentes ;

— Machines à vapeur combinées, dont le type est l'ancienne machine du Tremblay ;

— Machines à air chaud avec ou sans emploi de régénérateurs, dont il indique les difficultés de construction que la pratique a reconnues.

M. Hirsch groupe les machines à air chaud en plusieurs classes:

1° Celles dans lesquelles le chauffage de l'air se produit extérieurement ;

2° Celles dans lesquelles la combustion se fait directement à l'intérieur de la machine.

Il s'occupe ensuite des combustibles solides ou gazeux et fait remarquer que l'emploi des gazogènes se prête difficilement à des variations de puissance ou d'allure du moteur.

Puis il parle des machines à combustible liquide en indiquant que ces combustibles peuvent produire une très grande quantité de chaleur : le pétrole, par exemple, peut produire 10 000 calories par kilogramme.

Il divise ces machines à pétrole en deux catégories :

1° Celles dans lesquelles on se sert d'essence de pétrole ou gazoline, produit dangereux, pour carburer l'air ;

2° Celles dans lesquelles le pétrole est vaporisé par portions à chaque coup de piston de la machine.

Il s'occupe enfin des machines à combustibles gazeux, en distinguant entre les machines à combustion continue et celles à explosions qui sont de beaucoup les plus employées.

L'action des gaz dans ces machines est difficile à analyser et il n'est pas bien certain que l'indicateur de pression puisse donner des résultats exacts à cause des masses en mouvement et de la durée très faible de l'explosion.

M. Hirsch fait remarquer, en terminant, que les pertes par les parois sont considérables, il faut refroidir le cylindre. Pour atté-

[illegible] tant que possible, ces pertes par les parois on anime le [illegible] une grande vitesse et l'on emploie le mélange détonant [illegible] grande pression pour obtenir une détente plus prolongée.

[illegible] ste que, dans ces moteurs, les résistances passives sont [illegible] considérables que dans les machines à vapeur, à cause du [illegible] des moteurs à gaz, par rapport aux machines à vapeur [illegible] effet.

[illegible] communication de M. Hirsch a donné lieu à une longue discussion théorique à laquelle ont pris part MM. *Arnoux*, *Boulvin*, [illegible] *Casalonga* et *Badois*.

[illegible] de Carnot, le rendement théorique et le rendement industriel des machines, le rendement maximum et la puissance de [illegible] des moteurs, le travail externe et le travail interne, [illegible], etc., ont été l'objet de considérations diverses entre [illegible] je relèverai cette remarque, que vous jugerez peut-être [illegible] notre collègue, M. Casalonga : « La machine à vapeur [illegible] gloire de Watt, la fortune de la fin du siècle dernier et [illegible] : mais on peut dire d'elle qu'elle a vécu, et que dans [illegible] ans, on ne la construira plus. »

[illegible] mémoire de M. *Gustave Richard* sur les différents moyens de [illegible] mécaniquement le froid n'est pas moins important que le [illegible] M. Hirsch.

[illegible] est savamment traité, avec une grande abondance de [illegible] et de détails intéressants.

[illegible] ici qu'en indiquer, pour ainsi dire, les têtes de chapitres.

M. Richard s'occupe d'abord des machines à air comprimé, le [illegible] produit par la détente de cet air, et décrit les différentes [illegible] de refroidisseurs-sécheurs que l'on est obligé d'employer, ainsi que les boîtes à neige qu'on ajoute à ces appareils.

[illegible] ensuite aux machines à gaz liquéfié par compression et [illegible] conditions de fonctionnement, il donne la préférence au [illegible] de saturation sur celui de surchauffe, et indique les différents [illegible] employés : l'éther sulfurique qui est abandonné maintenant, [illegible] méthylique ; le chlorure de méthyle ; l'acide sulfureux ; le [illegible] ; l'acide carbonique.

[illegible] entre dans quelques détails sur les machines à acide carbonique et passe à l'emploi des liquides binaires : il fait remarquer [illegible] sont MM. Tessié du Motay et Rossi qui ont commencé à [illegible] ces mélanges, et que c'est M. Pictet qui a repris la ques-

tion en se servant de mélanges d'acide carbonique et d'acide sulfureux dans des proportions variables permettant d'obtenir des points d'ébullition variant de — 70° à — 7°.

M. Richard cite encore les machines à absorption ou à affinité dont la machine Carré est le type. Puis il arrive aux applications principales du froid artificiel en mentionnant les industries chimiques, le réglage de la fermentation dans la fabrication de la bière, par exemple, le fonçage des puits et le percement des tunnels, comme à Stockholm, la fabrication de la glace, la production de l'air froid, et enfin la conservation des viandes.

Il entre dans quelques détails sur la fabrication de la glace transparente, à l'aide de la vapeur ayant servi à produire la force motrice nécessaire. Enfin M. Richard termine son exposé par la description des moyens à employer pour le refroidissement de l'air et par quelques données sur les températures en usage dans l'industrie de la conservation des viandes.

La discussion de la question traitée dans le mémoire de M. Richard a été faite d'abord au sein de la troisième Section, puis reprise dans la dernière séance du Congrès qui a alors émis le vœu relatif aux recherches expérimentales qu'il serait utile de faire sur les propriétés physiques des fluides utilisés dans les appareils à froid.

La question des « Essais de matériaux » a donné lieu, en séance plénière, à deux communications : l'une de M. *Phillips*, président du Congrès, l'autre de M. *Cornut*.

La note de M. *Phillips* se divise en deux parties :

Dans la première, l'auteur décrit une méthode pour la détermination du coefficient d'élasticité et de la limite des allongements permanents des corps métalliques.

Cette méthode est basée sur la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres.

Elle consiste à former le spiral d'un fil, de section circulaire ou de toute autre forme, de la matière que l'on veut expérimenter, à le relier à un balancier et à faire osciller le système, ou encore à considérer le système au repos et le faire sortir de sa position d'équilibre, au moyen d'une action extérieure facilement mesurable.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer pour obtenir dans les deux modes d'expérimentation, soit le coefficient d'élasticité, soit la limite d'élasticité parfaite.

La seconde partie est relative à l'emploi de modèles pour déterminer expérimentalement les conditions de résistance des solides élastiques.

M. Phillips fait remarquer que, dans de nombreuses circonstances, il est impossible de déduire de la théorie mathématique de l'élasticité les conditions d'équilibre des solides élastiques de formes compliquées, et qu'il est utile de chercher comment l'expérience peut suppléer à la théorie.

En adoptant des modèles réduits des solides à construire et en les soumettant à l'action de forces connues, on peut en déduire les dimensions que les pièces définitives doivent avoir.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer et en fait l'application à l'étude des conditions de résistance du pont Britannia à l'aide de modèles réduits au cinquantième.

La communication de M. *Cornut* traite des diverses méthodes d'essais à la traction.

L'auteur rappelle d'abord les expériences faites par MM. Adamson et Considère au point de vue de la différence entre la charge maximum de résistance et la charge de rupture.

Il s'occupe ensuite de l'erreur commise en exprimant la charge maximum de résistance en kilogrammes par millimètre carré de la section primitive.

M. Cornut parle de l'influence de la striction au point de vue de l'allongement de la barre et des différentes méthodes employées pour indiquer cette influence par des chiffres.

Il examine ensuite l'influence de la forme des éprouvettes, leurs longueurs adoptées dans les différents services ou administrations; il conclut en faisant remarquer qu'il y aurait un intérêt considérable à uniformiser les méthodes d'essais, et propose à l'assemblée d'émettre à cet égard un vœu qui est adopté à l'unanimité, et dont on donne ci-après le texte.

M. Cornut appelle ensuite l'attention du Congrès sur la nécessité qu'il y aurait d'installer des laboratoires d'essais de mécanique appliquée ayant un caractère officiel ou privé.

Il croit que les institutions de cette nature, n'ayant aucune attache officielle, rendraient de grands services à l'industrie.

M. Cornut fait l'historique des différents établissements de ce genre établis déjà, et voudrait que le Congrès émît un vœu en faveur de la création d'établissements analogues.

Après une discussion à laquelle ont pris part MM. *Badois*, *Bela-*

lubsky, *Cornut*, *Hirsch*, *Polonceau*, *Scilokossitch* et *A. Tresca*, le Congrès a finalement adopté les vœux suivants :

Vœux formulés par le Congrès en vue d'uniformiser les essais de matériaux et d'encourager l'institution de laboratoires de mécanique.

I. — Les membres du Congrès de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le gouvernement français prenne, auprès des gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essai.

II. — Le Congrès International de Mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des Arts et Métiers.

III. — Comme suite au vœu exprimé par le Congrès International de Mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de Mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

Il faut espérer que ces vœux ne tomberont pas dans l'oubli : ils ont été transmis, pendant la session même du Congrès, aux ministres que la question concerne ; et je puis ajouter que ceux-ci, notamment M. le ministre des Travaux Publics, ainsi que le constate une communication récente faite par lui au Bureau du Congrès, s'y intéressent activement.

Deux séances du Congrès ont été ensuite consacrées à l'examen des quatre questions suivantes :

— Machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs ;

— Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878 ;

— Progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur :

— Progrès réalisés par les appareils à production de vapeur. (Étude des principaux types de chaudières à petits éléments.)

[illegible] trois dernières questions ont été traitées en conférence et [illegible] l'objet que d'un exposé sans discussion.

[illegible] mémoire de M. *Polonceau*, ainsi que l'a dit le Président, [illegible] en faisant un juste éloge, constitue, pour ainsi dire, [illegible] de la machine à vapeur actuelle.

[illegible] rendre plus aisément compte des progrès réalisés depuis [illegible] ans, M. Polonceau fait tout d'abord remarquer que la machine [illegible] caractérisait, à l'Exposition de 1878, par un nombre [illegible] considérable de machines à quatre distributeurs, et qu'il n'y [illegible] que peu de machines compound.

[illegible] vitesse de marche de ces machines tendait à devenir plus [illegible] que dans les installations précédentes, mais n'atteignait [illegible] des nombres aussi considérables que ceux représen[illegible] vitesses des machines de l'Exposition de 1889.

[illegible] quelques types des machines de l'Exposition de 1878 [illegible] les comparer plus sûrement aux types plus récents.

M. P[illegible] indique que l'on a cherché à réaliser dans les [illegible] exposées maintenant :

1° [illegible] rotation plus rapide pour répondre aux besoins des usines [illegible] d'électricité ;

2° [illegible] production du cheval-vapeur au plus bas prix possible ;

3° [illegible] volume restreint en même temps qu'un plus faible poids.

[illegible] qui concerne le premier point, M. Polonceau cite certaines [illegible] puissantes tournant à raison de 150, 200, 300 tours par [illegible] et des machines de 30 à 40 chevaux atteignant 400 et 500 [illegible]

[illegible] grandes vitesses conduisent à l'emploi de modérateurs spé[illegible] et M. Polonceau décrit les dispositions de M. Armington et MM. Lecouteux et Garnier concernant des modérateurs à force [illegible] disposés dans le volant même de la machine.

[illegible] qui concerne la vitesse donnée aux pistons, la vitesse clas[illegible] de 1,50 *m* à 2 *m* est largement dépassée. On atteint mainte[illegible] et même 4 *m* par seconde. Les machines des torpilleurs ont [illegible] se déplaçant à raison de 5 à 6 *m*.

[illegible] neuf dixièmes des machines exposées sont du système com[illegible] M. Polonceau décrit rapidement chacun de ces types, en [illegible] les principales dimensions de chacun d'eux et les résul[illegible] que l'on peut atteindre au point de vue de la consommation.

M. Polonceau termine cette première partie de sa conférence en

décrivant le turbo-vapeur Parsons, construit par la Société Centrale de constructions de machines.

Il passe enfin à l'étude des machines marines.

Dans ces dernières on remarque l'emploi de la triple expansion, et M. Polonceau passe en revue les principaux types de ces machines.

Tous ceux qui liront cette magistrale étude souhaiteront, avec M. Phillips, que M. Polonceau y ajoute un chapitre sur les machines locomotives, desquelles il parlera mieux que personne, et nous aurons ainsi très complet le traité de la machine à vapeur à la fin de ce siècle.

Les *progrès* réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont été exposés par M. *Bour*. On sait que ces associations ont pour but de prévenir les accidents et les explosions des générateurs de vapeur, et de faire réaliser à leurs membres des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

M. Bour fait remarquer que c'est à M. W. Faibairn que revient l'honneur de la fondation de la première association de ce genre. Elle a été établie en 1855, à Manchester, sous le nom de « *The Manchester steam users Association* ».

Ce n'est qu'en 1867 que l'association alsacienne fut fondée sur le continent, à Mulhouse.

Cet exemple fut suivi, en 1868, par l'association badoise, puis par des nouvelles associations en Allemagne, en Autriche et en Belgique.

L'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France date de 1873.

Celle de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, l'association normande et l'association parisienne datent de 1874 ; l'association lyonnaise, de 1876 ; l'association de l'Ouest, de 1878 ; celle du Sud-Ouest, de 1879 ; l'association du Nord-Est, de 1882 ; enfin celle du Sud-Est a été créée en 1885.

M. Bour indique que six associations établies en 1878 avaient à surveiller *2 710 chaudières* et que ce nombre a augmenté en dix ans de *7 283 chaudières*, soit *au total 9 993*.

M. Bour entre dans quelques détails sur le service des inspecteurs comprenant la visite tant intérieure qu'extérieure de la chaudière, une fois par an, et une autre visite extérieure dans le même laps de temps, cette inspection comprenant encore l'examen de l'état d'entretien de la machine à vapeur.

M. Bour a préparé une série de tableaux qui montrent le nombre et la nature des visites faites pendant l'année par chacune des associations. Il passe ensuite en revue les différentes causes d'explosions et indique, sous forme de tableau, le relevé des explosions qui se sont produites en France, de 1883 à 1887.

Comme exemple de l'utilité incontestable de ces associations, il cite l'association lyonnaise, pour laquelle on n'a eu à constater que explosions pour un total de 8 457 chaudières, réparti dans les treize premiers exercices, soit un accident par 4 228 chaudières. Il indique les causes de ces accidents, manque d'eau pour l'une et vices de construction pour l'autre.

M. Bour fait encore remarquer que les indications que les agents des associations donnent aux propriétaires d'appareils à vapeur, soit pour les réparations, soit au moment de l'installation des appareils neufs, font réaliser aux industriels des économies importantes.

Les progrès réalisés par les appareils à production de vapeur ont été exposés par M. *Olry* qui s'est attaché surtout à parler des chaudières à petits éléments.

C'est l'emploi de la vapeur à haute pression, que la théorie et l'expérience ont démontré avantageux, qui a amené la création des chaudières à petits éléments.

M. Olry montre que l'emploi, dans ces conditions, des chaudières à foyers intérieur ainsi que des chaudières à bouilleurs ou réchauffeurs aurait nécessité des épaisseurs de tôle considérables, que, par suite, la transmission de la chaleur s'y serait faite difficilement, et que les avaries occasionnées par l'inégalité des températures auraient été nombreuses.

L'adoption des chaudières à petits éléments, composées de tubes de 7 à 12 cm de diamètre, réduit de beaucoup le volume d'eau contenu dans la chaudière.

Les explosions y sont moins à craindre et ne produisent plus les effets instantanés que l'on observe dans les autres chaudières à grand volume d'eau.

M. Olry fait remarquer, qu'à côté de ces avantages, il est nécessaire de signaler un inconvénient résultant de la diminution du volume d'eau. Le maintien de la pression et du niveau d'eau est plus difficile, et il faut avoir recours, comme dans les chaudières Belleville, à des appareils automatiques qui règlent l'alimentation à l'aide d'un flotteur et la pression au moyen d'un appareil à ressort agissant sur le registre de la cheminée.

Pour éviter l'inconvénient résultant du petit volume de l'eau, certains types de chaudières à petits éléments possèdent un réservoir qui surmonte les tubes alors complètement remplis d'eau, le niveau de cette eau étant maintenu dans ce réservoir.

Mais l'administration qui facilite, par mesures individuelles, l'installation des chaudières à petits éléments, s'est toujours montrée beaucoup plus réservée, en matière de tolérance d'emplacements, à l'égard de cette dernière classe d'appareils.

M. Olry passe ensuite à la description de différents types de chaudières.

Les chaudières à serpentin dans lesquelles on ne rencontre, parmi les types en usage en France, que la chaudière Belleville. Dans ces chaudières, une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager.

Les autres appareils dans lesquels chaque tube forme une véritable chaudière et que l'on peut diviser en deux grandes classes :

1° Ceux dans lesquels l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur se font aux deux extrémités des tubes :

2° Ceux dans lesquels cette arrivée et ce dégagement n'ont lieu que d'un seul côté.

M. Olry distingue encore dans la première catégorie :

Les chaudières divisées, par des plans verticaux, en éléments dont les tubes sont reliés, de proche en proche, par des communications.

Telles sont les chaudières Root, de Nayer, Lagosse et Bouché, Morelle ;

Les chaudières formées d'éléments de tubes assemblés des deux côtés avec des collecteurs verticaux ou inclinés, les chaudières Babcock et Wilcox, Roser, Maniguet, Montupet appartiennent à ce groupe ;

Les chaudières composées d'un faisceau de tubes débouchant à chaque extrémité dans un collecteur unique constitué par une caisse en tôle entretoisée formant lame d'eau. Telles sont les chaudières Oriolle, Mathot, Hanrez, Lagrafel, d'Allest.

Enfin, dans la deuxième catégorie, on peut distinguer les générateurs qui reposent sur l'emploi du tube Field à circulation d'eau couché dans une position à peu près horizontale. Les chaudières Collet, Bouzon, Dubuc et Bourgois appartiennent à cette division ainsi que la chaudière Terme et Deharbe, et celle de MM. Bour-

... et Lencauchez. Et les chaudières avec tubes à retour de flamme.

M. Olry indique ensuite les conditions que doit remplir un bon système de chaudières à petits éléments.

Il examine successivement les points suivants :

Sécurité, économie de combustible, économie de poids, économie d'emplacement, facilité de montage, facilité de conduite, facilité des nettoyages, économie dans l'entretien et facilité des réparations, production de vapeur sèche, régularité de marche, rapidité de mise en pression et économie dans les prix de premier établissement.

Il examine successivement par quels moyens et dans quelle mesure ces divers résultats sont obtenus dans la pratique, et résume ainsi sa communication :

Les générateurs à tubes d'eau, quand ils sont bien conçus et bien construits, possèdent une supériorité incontestable, au point de vue de la sécurité, de l'économie de combustible, de l'économie de poids et d'emplacement, de la facilité de montage et de la rapidité de la mise en pression.

Ils se prêtent parfaitement à l'emploi des hautes pressions et peuvent être disposés de manière à produire de la vapeur bien sèche ; leur prix de premier établissement n'est pas excessif ; il est en général assez facile de les entretenir et de les réparer.

Dans la marine, spécialement dans la marine militaire, les qualités de ces appareils sont particulièrement précieuses.

M. Olry termine en donnant une statistique des accidents survenus dans l'emploi des chaudières à petits éléments :

De 1870 à 1875, aucun accident ne s'est produit.

De 1876 à 1880, leur nombre a été de treize, dont deux en 1886 et cinq en 1887.

Le nombre des accidents croît naturellement avec celui des appareils en activité et c'est pour cette raison que le nombre des accidents a été plus grand en 1887.

Des renseignements plus récents et non encore publiés permettent de compter qu'il se produit annuellement trois ou quatre accidents de générateurs multitubulaires. On est amené à conclure que ces chaudières sont plus sujettes que d'autres à des accidents, mais chacun d'eux est d'importance moindre que dans les autres appareils à production de vapeur.

Le mémoire de M. *Mallet* sur les machines à vapeur à détente

dans plusieurs cylindres successifs a donné lieu à une longue et vive discussion.

M. Mallet, dont on connait la haute compétence sur la matière, a d'abord fait une distinction entre les *machines à transvasement immédiat* ou *machines de Woolf*, et les *machines à réservoir* ou *machines Compound*.

Dans l'historique de la question, il a montré par quelles considérations on a été conduit à préférer, à un cylindre unique à détente très prolongée, des cylindres successifs.

M. Mallet fait remarquer que, dans la machine de Woolf, la pression totale étant divisée entre deux capacités, chaque piston a bien moins de charge maximum à supporter que dans la machine ordinaire à un cylindre, dans laquelle le piston, de même section que le grand piston de la machine de Woolf, doit supporter la différence totale entre la pression à la chaudière et la pression à l'échappement.

La variation totale des efforts est moins considérable que dans la machine ordinaire, et les organes, pour une même pression moyenne effective, ont à subir une pression maximum moins élevée.

M. Mallet ajoute que, dans les machines à réservoir, les choses se passent un peu différemment. La machine compound se compose, en réalité, de deux machines successives et étagées, dont la première reçoit la vapeur de la chaudière et la décharge dans un réservoir intermédiaire qui alimente la seconde.

Il indique que la suppression absolue de la chute de pression entre les deux cylindres conduirait à une répartition très inégale du travail entre les deux cylindres, et qu'on est généralement conduit à accepter une certaine chute de pression qui amène une perte de travail, bien moins considérable d'ailleurs qu'on ne le croit.

M. Mallet traite ensuite la question des enveloppes de cylindres, et termine en s'occupant des machines à triple et même à quadruple expansion.

M. Lencauchez, qui a pris la parole après M. Mallet, discute les avantages du système compound, qui n'ont été vraiment suffisants qu'au moment où il est venu, dans la marine, remédier aux défauts des anciennes machines consommant, il y a vingt-cinq ans, jusqu'à 40 kilogrammes de vapeur.

Mais l'augmentation d'utilisation de la vapeur que produit ce

... s'est abaissé à 3 0/0 quand on a comparé la machine à un ... la plus parfaite à la machine compound.

... de cette dernière devient ainsi peu avantageux si l'on ... la question du capital plus grand engagé, ainsi que les ... de graissage qui sont plus considérables.

M. Lencauchez ajoute qu'avec les machines monocylindriques ... présente plus d'élasticité, et que l'on reproche seule... à ce genre de machines, les chutes de pression par suite de ... condensation dans les cylindres.

Mais dans les machines à plusieurs cylindres on remarque aussi ... chute de pression d'un cylindre à l'autre. Cette chute de pression, qui est faible dans le cas du travail normal, pour lequel la ... est construite, devient plus grande lorsqu'on fait varier ... du moteur.

M. Lencauchez dit que l'on peut éviter, dans une grande mesure, ... condensation dans un cylindre unique, en obligeant la vapeur ... chaudière, ou une vapeur plus chaude, à circuler autour du ...

... les locomotives, il critique la disposition ordinaire de la ..., plus nuisible cependant en ce qui concerne l'échappe... qu'en ce qui concerne l'introduction.

M. Lencauchez croit que le système actuel suffit sans employer ... machine compound, la machine locomotive devant être très ... le travail développé devant varier de 150 à 600 chevaux-... par exemple.

... conclut en disant qu'il ne croit pas à l'économie réalisée par ... de la machine compound, aussi bien dans les locomotives ... dans les machines fixes; elle n'a surtout pas de raison d'être ... les filatures.

En terminant, M. Lencauchez cite à l'appui de son opinion les ... des Ingénieurs d'associations de propriétaires d'appareils à ... qui, dit-il, sont concluants en faveur des machines mono... cylindriques, que M. Farcot, en 1889 comme en 1855, préconise ... ment. M. Polonceau, en notant que la plupart des machines ... en 1889 étaient du système compound, ne s'est pas pour ... prononcé en sa faveur; et la communication qu'il a faite ré... ment à la Société des Ingénieurs civils le montre plutôt favo... aux machines monocylindriques à quatre distributeurs.

M. Armengaud fait observer qu'il n'est pas rationnel de comparer ... machine compound à double expansion à une machine mo...

nocylindrique. S'il y a une comparaison à faire pour décider des avantages ou des inconvénients, du principe compound à double expansion, cette comparaison doit être faite entre une machine compound et une machine bicylindrique, qui seule se trouve dans les mêmes conditions de travail sur l'arbre, de régularité de marche et de prix de revient.

M. *Stapfer* dit quelques mots des machines marines. Il fait remarquer que chaque réservoir intermédiaire constitue, en réalité, une nouvelle chaudière par rapport aux cylindres suivants. Il repousse l'emploi de tiroirs spéciaux de détente, dont les plaquettes se lèvent pendant la période de compression, ou par les coups d'eau. Les constructeurs anglais emploient les tiroirs cylindriques.

M. Stapfer fait remarquer que si l'on veut détendre entre le 1/12 et le 1/15, il faut, dans les machines à deux cylindres, introduire au quart dans le petit cylindre, tandis que dans les machines à triple expansion, on peut introduire à moitié, tout en arrivant à la même détente finale.

La régularité est certainement plus grande dans ces dernières machines, mais il y a à se préoccuper des conditions de l'alimentation ; en effet, il y a toujours des pertes de vapeur, et des expériences récentes ont montré qu'il fallait introduire dans la chaudière de l'eau nouvelle à raison de six tonnes par jour pour 1 000 chevaux ; il est même prudent de doubler ce chiffre.

Cette addition peut se faire en eau distillée ou en eau de mer.

Dans le premier cas, les frais de distillation compensent à peu près l'économie que l'on peut obtenir avec le troisième cylindre.

Dans le second cas, les parois de la chaudière sont corrodées par l'acide chlorhydrique qui provient de la décomposition par la chaleur du chlorure de magnésium contenu dans l'eau de mer.

MM. Stapfer et d'Albert indiquent, à ce propos, les moyens employés, avec plus ou moins de succès, pour combattre ces corrosions.

M. *Roy*, qui a pris ensuite la parole, fait remarquer que le mot *compound* n'a aucune signification au point de vue de la détente plus ou moins prolongée, et voudrait remplacer cette expression par celles de : machines à simple expansion ; machines à double expansion ; machines à triple expansion.

Puis il aborde la question de l'emploi des machines à double expansion dans les locomotives ; il cite les expériences de M. Borodine, qui a fait ses essais sur une machine locomotive ordinaire.

dans laquelle la vapeur passait d'un cylindre dans l'autre pour se rendre : il rappelle les expériences du Chemin de fer du Nord sur la machine locomotive compound à quatre cylindres.

Après M. Roy, MM. *Casalonga* et *Jourel* ont présenté diverses observations à la suite desquelles M. Mallet, prenant en main la défense du système compound, rappelle que l'on doit tenir compte des résultats de la pratique, et que tous les grands constructeurs semblent avoir abandonné les machines à cylindre unique, et ne construisent presque plus que des machines compound.

Cette observation s'accorde du reste avec la remarque faite par M. Polonceau qui, dans sa conférence, nous signale les 9/10 des machines exposées en 1889 comme étant du système compound.

Vous pouvez juger, Messieurs, par la rapide analyse que je viens de vous faire, combien l'examen et la discussion des machines à plusieurs cylindres ont été intéressants et remplis de détails bons à prendre et à retenir.

Cette discussion ne pouvait pas, évidemment, aboutir à des conclusions précises et formulées en vœux comme celles dont je vous ai déjà parlé, et comme celles dont il me reste à vous entretenir, mais elle n'en est pas moins une des belles pages de l'œuvre du Congrès.

Je terminerai le compte rendu que j'ai à vous présenter en vous parlant des deux questions dont l'étude a rempli la première et la dernière séance du Congrès, savoir :

— Unification du cheval-vapeur (Spécification de la puissance des générateurs de vapeur. — Rendement.)

— Transmission à distance et distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, air, vapeur, câbles, etc.).

J'avais eu l'honneur d'être choisi par le Comité d'organisation pour rapporter cette dernière question. J'ai présenté à cet égard au Congrès : d'une part, une étude générale; et, d'autre part, une étude particulière.

Je ne vous parlerai pas ici de l'étude particulière qui consistait dans la description des installations de l'usine de la rue Beaubourg.

J'ai eu, en effet, l'occasion d'entretenir, à plusieurs reprises, la Société des Ingénieurs civils de cette entreprise de distribution de force motrice à domicile, et il n'est pas nécessaire d'y revenir.

Mais je vous dirai quelques mots des considérations générales que j'ai développées devant le Congrès sur la question de la trans-

mission du travail, et vous citerai rapidement les divers systèmes que j'ai eu à décrire, vous renvoyant pour les détails au mémoire lui-même.

Après le gaz et l'électricité, agents de transmission pouvant distribuer à la fois la force, la lumière et la chaleur, j'ai noté la vapeur et l'eau surchauffée qui fournissent la chaleur et la force sans la lumière.

C'est à *New-York* que fonctionne la plus importante distribution *de vapeur*, destinée à la fois au chauffage et à la force.

Des essais, qui avaient assez bien réussi, à Lockport et à Buffalo, ont engagé les Américains à mettre ce système en usage dans leurs grandes villes du Nord. Toutefois, ils n'ont pas le monopole de cette idée, puisque M. J. Chrétien, en 1867, a réalisé en France une distribution de vapeur sur un réseau de 1 500 *m*.

Le *système de l'eau surchauffée* se rattache au précédent et non à l'eau sous pression, parce qu'il doit son efficacité à la vapeur latente dans le liquide et parce que les récepteurs, qui utilisent le système pour la force, sont des moteurs à vapeur.

Il s'est établi récemment à *Boston* une distribution considérable d'eau surchauffée, destinée au chauffage et à la force motrice.

L'emploi de la *pression hydraulique*, émanée d'une usine centrale, constitue un mode de distribution de la force qui, en certains cas, donne la meilleure solution du problème. Seulement, on ne peut ici que fournir de la *force*, pas de chaleur, comme en donnent aussi la vapeur et l'eau surchauffée; encore moins de la lumière, comme en donnent en outre le gaz et l'électricité. Mais ni électricité, ni gaz, ni vapeur ne peuvent fournir, dans les mêmes conditions de sécurité et peut-être d'économie, une pression disponible de 50 *kg* par centimètre carré, que chacun peut aller prendre dans la rue bordant sa maison.

C'est à *Armstrong*, qui a eu le mérite d'établir les élévateurs hydrauliques tels qu'ils fonctionnent aujourd'hui, qu'on doit aussi attribuer l'application de l'eau sous pression à la distribution à domicile de la force; car, à Newcastle, avant 1853, il a fait fonctionner des moteurs d'imprimerie en se servant de la distribution d'eau de la ville.

Depuis lors, l'idée s'est développée en Angleterre, et c'est ainsi qu'à *Hull* et à *Londres* fonctionnent des distributions de force hydraulique.

Comme l'eau sous pression et comme les câbles télédynamiques,

[illegible] ne transmet que la force et non la chaleur et la lumière. Au [illegible] de chaleur, c'est même du froid qu'il produit lorsqu'il se détend dans les machines réceptrices.

Vous savez que l'air peut s'employer comprimé ou raréfié; et à Paris même, il y a une distribution d'air comprimé et une d'air raréfié.

Comme l'une et l'autre vous ont été décrites ici même, je n'insiste pas, non plus que sur la transmission par *câbles*, qui n'est qu'une extension de la transmission par courroies, dont l'emploi est universel dans les usines.

J'arrive aux conclusions qui semblent se dégager de cet examen rapide des divers agents de transmission du travail.

Les services que l'ingénieur, l'industriel ou même les particuliers peuvent réclamer au *travail* sont de trois sortes : on peut demander de la *lumière*, du *mouvement* ou de la *force proprement dite*, enfin de la *chaleur*.

Mettons en tête les agents de transmission qui peuvent fournir à la fois, d'une manière directe et immédiate, les trois marchandises susceptibles d'être demandées, puis ceux qui peuvent en fournir deux, enfin ceux qui n'en peuvent fournir qu'une, on arrive à former le tableau suivant :

Nom des agents	Gaz	Électricité	Vapeur ou eau surchauffée	Eau sous pression	Air	Câbles
Marchandises fournies directement	Lumière Chaleur Force .	Lumière Chaleur Force .	. Chaleur . Force . .	. Force...	 . Force ...	. . Force ...

Si cet ordre marque, au point de vue théorique, général et abstrait, une certaine supériorité aux agents classés les premiers, il ne faut pas conclure que cette supériorité existe pratiquement dans tous les cas qui peuvent se présenter.

La préférence à donner à tel ou tel système, dans un cas déterminé, dépend d'une foule de circonstances : d'abord de la marchandise demandée; n'a-t-on besoin que de force, ou en même temps de force et de lumière, ou à la fois de force, de lumière et de chaleur? puis, de la facilité avec laquelle on peut se procurer selon les temps ou selon les lieux, les divers agents de transmission, et de leur prix de revient; ensuite de la quantité de force demandée; enfin des exigences plus ou moins complexes de la

transmission : est-ce un simple transport de force, d'un point à un autre ou bien une distribution multiple ?

L'air comprimé sera employé avantageusement pour distribution des forces moyennes à des distances moyennes, jusqu'à plusieurs kilomètres, surtout dans le cas où l'on ne s'inquiète pas du rendement ; mais il est le plus coûteux des systèmes pour la transmission de la force à de petites distances ; l'eau sous pression offre, à cet égard, une solution plus économique : et l'air raréfié se présente, pour la distribution à domicile de petites forces dans un rayon peu étendu, dans des conditions excellentes au point de vue de la simplicité, de l'économie, de la commodité et de l'hygiène.

Quant au transport des forces naturelles à de très grandes distances, l'électricité n'a sans doute pas dit son dernier mot; mais, en attendant, il est possible, au moyen de câbles télédynamiques, de transporter aux établissements industriels, dans des conditions relativement favorables, le travail des chutes d'eau éloignées déjà d'une dizaine de kilomètres.

Indépendamment de ces conclusions, j'ai soumis au Congrès les observations suivantes :

J'ai rappelé que les nombreux auteurs, qui ont traité ces diverses questions de mécanique, se servaient d'expressions variées : transmission du travail, transport de l'énergie, distribution de la force. On peut, en outre, noter dans les ouvrages techniques des termes très divers, tels que :

Énergie actuelle ou dynamique, qui, pour les corps en mouvement, se traduit par l'expression $\frac{1}{2}mv^2$, qu'on appelle aussi puissance vive ou demi-force vive.

Énergie potentielle ou de position qui s'applique aux corps en repos et qu'on nomme aussi énergie latente.

Mais, d'autre part, on voit appeler énergie actuelle ou force vive d'un moteur sa puissance mécanique directe, immédiate, et énergie potentielle ou travail mécanique disponible la puissance mécanique transformée, susceptible d'être transportée.

Rankine traduit énergie par capacité pour accomplir un travail ; Ayrton appelle force le moyen d'accomplir un travail ; le premier définit l'énergie actuelle par le travail résistant que le corps peut surmonter, et l'énergie potentielle par : le produit d'une force par le chemin qu'elle est capable de faire parcourir à son point d'application.

point de vue du rendement des transmissions de force, la terminologie n'est pas non plus bien fixe, et il arrive souvent que les ingénieurs expriment le rendement de façons différentes. ... a introduit récemment dans la mécanique les termes de transmission linéaire et de transmission cyclique ou circulaire, ... que la notion des rendements ou effets spécifiques du trans... à distance, en faisant intervenir la détermination de la quantité de matière du corps chargé de la transmission.

A la suite de ces considérations, j'ai formulé le souhait que le Congrès voulût bien se livrer à une discussion qui aboutirait à proposer une terminologie moins variable, un langage unique, fixe et ...

J'ai eu l'honneur de voir ce souhait exaucé. A la suite de la communication de M. Alfred Tresca, dans laquelle des considérations analogues ont été développées au sujet du cheval-vapeur, M. *Hospitalier* a proposé la nomination d'une commission chargée ... la terminologie de la mécanique ; et cette commission, ... par M. *Haton de la Goupillière*, a fait adopter par le Congrès une série de vœux dont l'un donne une entière satisfaction ... que j'avais exprimées dans mon rapport.

Je ... dans un instant le texte de ces vœux ; mais, auparavant, ... reste à vous entretenir du savant mémoire plein de logique de clarté, que M. *Alfred Tresca* a soumis au Congrès sur *l'unification du cheval-vapeur*, et à vous analyser la discussion qui s'est ... sur ce point.

M. Tresca, ayant résumé les conclusions de son rapport en ce ... le choix qu'il y a lieu de faire entre les deux dénominations, cheval indiqué et cheval mesuré sur l'arbre, donne les ... qui militent en faveur du cheval indiqué, dont l'évaluation ... se faire aussi facilement, quel que soit le genre ou la puissance du moteur que l'on a à étudier.

Après lui, M. *Bour* prit la parole pour faire remarquer que la puissance en chevaux, mesurée sur l'arbre, est la seule qui intéresse ... l'industriel.

Puis, M. *Stapfer* rappela que, dans certaines machines, les moteurs à gaz, par exemple, on remarque une différence considérable entre la mesure du travail indiqué et celle du travail développé sur l'arbre, et que pour cette raison, et pour cette classe de machines, on a l'habitude d'en faire l'essai au frein.

Il préfère, en général, l'appréciation de la puissance d'une machine

en chevaux indiqués, avec mention du rapport de ceux-ci à ceux résultant de la mesure du travail développé sur l'arbre, c'est-à-dire du rendement de la machine.

M. Rolland demanda la suppression de l'expression « cheval nominal » qui ne représente, dans l'idée des constructeurs, qu'un numéro de machine. En ce qui concerne l'évaluation du travail que peut réellement développer un moteur, l'essai au frein doit toujours être complété par un essai à l'indicateur de pression.

M. Phillips fit remarquer que l'évaluation du travail indiqué peut se faire de la même manière, quelle que soit la nature du moteur à expérimenter. Il n'en est pas de même du travail mesuré sur l'arbre.

M. Périssé, appuyant les conclusions de M. Tresca, dit que les essais à l'indicateur donneront toujours des renseignements d'une grande netteté en ce qui concerne l'appréciation du travail de la machine dans des conditions d'admission données. Il n'en est pas de même d'un essai au frein.

M. Boulvin fait observer qu'il est impossible de déterminer la puissance effective des moteurs très importants, et que ce qu'il y a de plus pratique consiste à prescrire la puissance en chevaux indiqués, en ajoutant que la machine tournant à vide n'absorbera qu'un certain nombre de chevaux indiqués ; il est à remarquer que la différence des diagrammes en charge et à vide ne donne pas la puissance en chevaux effectifs, bien qu'elle s'en rapproche ; dans l'état actuel des moyens de mesure, la détermination de la puissance en chevaux indiqués ne peut être abandonnée.

M. Roy émit à son tour l'avis que les essais à l'indicateur donnent, au point de vue des conditions de la distribution, des renseignements précieux que ne peut fournir un simple essai au frein.

Enfin, après diverses observations de *MM. Hanarte*, *Casalonga* et *Hospitalier*, le Congrès vota la suppression de l'expression « cheval nominal », et adopta une proposition de M. Périssé, amendée par MM. Boudenoot et Delaunay-Belleville, proposition qui a été formulée dans le cinquième vœu émis par le Congrès.

Finalement (après les trois vœux concernant les essais de matériaux que j'ai énoncés plus haut), le Congrès a émis les vœux suivants relatifs au langage de la mécanique :

Vœux proposés par le Congrès, concernant la terminologie de la mécanique

V. — Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal ».

VI. — Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de mesurer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kgm par seconde.

VII. — Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. — Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscrit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2. — Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3. — Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

4. — En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité le kilogramme défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le kilogrammètre.

La *puissance* a deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de 75 *kgmt* par seconde, et le *poncelet* de 100 *kgmt* par seconde.

5. — L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur nature actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité ; on l'évalue numériquement suivant

les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. — On se rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

Tels ont été, Messieurs, les travaux du Congrès et les résultats auxquels ont abouti ses discussions. De ces résultats, les uns vous paraîtront définitivement acquis, les autres vous sembleront sans doute destinés à recevoir des modifications du progrès futur; sur certains points, il n'a pu être exprimé que des *desiderata* laissant encore beaucoup à faire. Mais, quoi qu'il advienne, vous reconnaîtrez, je pense, que l'œuvre réalisée a été importante et témoigne d'un labeur considérable chez tous ceux qui y ont pris part.

J'espère que vous me saurez gré de vous l'avoir fait connaître, et c'est dans cet espoir que je vous prie de m'excuser d'avoir si longtemps retenu votre attention.

Paris, 17 janvier 1890.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

PAR M. W. GROSSETESTE

Gustave-Adolphe Hirn, reçu membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils, en janvier 1889, est mort à Colmar le 14 janvier 1890, à l'âge de 74 ans.

Il avait pris, parmi les ingénieurs une place éminente, spécialement par ses travaux sur les moteurs à vapeur.

Les études auxquelles il s'est livré sur ces moteurs, les procédés d'expériences qu'il a employés sont devenus, pour ainsi dire classiques.

L'une des conséquences caractéristiques de ses études a été de faire apprécier que la machine à vapeur n'est pas seulement un mécanisme, mais bien un appareil de physique, et que les perfectionnements à chercher résidaient dans l'emploi judicieux de la vapeur, plus encore que dans les transformations de mouvement ou de la forme des tiroirs.

Ses études sur le rôle de l'enveloppe de vapeur autour du cylindre ont embrassé l'ensemble de la question et ont eu une influence indiscutable sur l'emploi général qui en est fait : employée dès le début de la machine à vapeur, supprimée ensuite par les constructeurs, puis reprise isolément par quelques rares ingénieurs, timidement par d'autres, cette enveloppe est d'un usage général en Europe actuellement.

Comme application de ses études et de ses recherches, Hirn avait réalisé en 1855, une machine verticale, à un cylindre, de plus de cent chevaux, consommant, par cheval et par heure, près 9 kg de vapeur sèche ; ce chiffre a été constaté en 1865 par des essais officiels qui n'ont pas duré moins d'une semaine entière.

On peut dire que la méthode d'essai indiquée par Hirn dans ces expériences a fait école : elle est restée comme un type suivi dans les essais faits depuis lors.

Mais ces études spéciales ne constituent que l'un des côtés de la question à laquelle il a consacré tous ses instants, tous ses efforts, ce qui l'a conduit aux études les plus diverses en apparence. Il s'est voué entièrement à la thermodynamique dont il a été un des travailleurs de la première heure. Il en avait découvert

le principe dans des études qu'il faisait vers 1846, sur les substances utilisables pour la lubrification des machines, ignorant d'ailleurs ce qu'avaient fait peu de temps auparavant ses devanciers Joule et Mayer.

Poursuivant l'étude de cette question magistrale, de l'équivalence entre le calorique et le mouvement, Hirn vit s'élargir devant lui l'horizon à mesure qu'il avançait, et, il parvint jusqu'aux théories les plus élevées où la science cède le pas à la philosophie. Pour arriver à ce niveau, il avait débuté comme chimiste, ou plutôt comme coloriste dans une fabrique d'indienne : celle-ci ayant cessé il fut chargé du soin des machines dans une filature et un tissage, dépendant de la même maison, et qui restaient en activité.

A 27 ans, en 1842, il faisait ses débuts comme ingénieur, n'ayant d'autre bagage que ce qu'il avait appris seul et par lui-même, à mesure qu'il en sentait le besoin, ou bien poussé par un désir impérieux de savoir.

Hirn n'a suivi les cours d'aucune école, d'aucune Université tous les travaux qu'il a faits, toutes les expériences qu'il a poursuivies pendant de si longues années, et au prix de si grands efforts, il les a faits de ses propres ressources, en y dépensant ses peines et son argent, prélevé sur une modeste aisance, y risquant à tout instant une santé si frêle qu'il semblait impossible qu'il pût suffire aux fatigues de tels travaux.

L'invention et l'application du câble télédynamique a eu sa part dans la notoriété qui s'attache au nom de Hirn : mais tout le mérite en a été attribué par le monde, et par Hirn lui-même, à son frère Ferdinand.

Il n'est pas téméraire de dire que celui-ci, qui n'était pas ingénieur, reçut de son frère un concours efficace dont l'affection fraternelle s'efforçait de diminuer l'importance.

A un caractère affectueux, plein de réserve et de bonté, il joignait une générosité qu'il n'est pas inutile de signaler, par le temps de course au mérite où nous vivons : parmi ceux qui l'ont réellement connu, il n'en est pas un qui puisse dire de sang-froid ou de bonne foi, qu'il ait jamais cherché à se faire un mérite aux dépens du mérite d'autrui.

Hirn a laissé un ensemble considérable de travaux qui se trouvent disséminés dans les publications les plus diverses, et qui lui ont valu dans le monde scientifique une légitime notoriété.

Ingénieur, physicien, savant, philosophe, il a été tout cela sincèrement, honnêtement et sans orgueil.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Le 17 Janvier 1890

PAR

M. Aug. DOLLFUS

Messieurs,

La Société industrielle de Mulhouse, au nom de laquelle je viens prendre la parole sur cette tombe trop tôt ouverte, s'honore d'avoir eu l'homme éminent que nous conduisons aujourd'hui à sa dernière demeure, associé à ses travaux depuis près d'un demi-siècle. Je ne saurais ici, Messieurs, en ce moment douloureux où nous sommes tous encore sous l'impression navrante du brusque départ de ce grand homme de bien, vous rappeler tous les travaux, [illegible] les découvertes remarquables qui ont signalé sa carrière [illegible] et conserveront le souvenir aux générations les plus reculées.

Malgré ses occupations industrielles, attachantes pendant [illegible] temps, malgré la lourde responsabilité qui, de ce chef, a longtemps pesé sur lui, ne s'est cependant jamais laissé absorber [illegible] labeur au point d'oublier et de négliger ses études et travaux de science pure. De bien bonne heure, et dès ses premiers pas dans la carrière industrielle, ces études scientifiques [illegible], et ni ses préoccupations industrielles de nature [illegible], ni les soins d'une santé trop souvent chancelante, ni plus tard les terribles épreuves auxquelles notre pays a été soumis et tous ses enfants, et dont il a durement souffert, n'ont pu les faire abandonner un seul instant.

Un des grands mérites de l'homme dont la mort frappe aujourd'hui l'Alsace et le monde scientifique tout entier d'un deuil profond, a été de se former tout seul et par lui-même. N'appartenant

à aucune école, il a été chef d'école lui-même, tant dans le domaine des sciences physiques et mathématiques que dans celui de la philosophie, puis-je dire, car le philosophe profond se manifeste à chaque pas de ses grands travaux, à chaque ligne de ses importants écrits. Et quelle hardiesse souvent dans ceux-ci! Quels problèmes difficiles il abordait presque en se jouant! Et quand on a eu l'occasion de connaître les conditions de santé physique dans lesquelles il se trouvait souvent en combinant, recherchant et trouvant enfin la solution compliquée des problèmes multiples dont il entreprenait l'étude, on ne peut songer sans une sorte de stupéfaction et sans une admiration légitime à la force de caractère qu'il a dû déployer presque constamment pour suffire à une tâche aussi ardue.

Membre correspondant de l'Institut de France, affilié aux académies et sociétés savantes les plus illustres du monde entier, qui avaient tenu à honneur de le compter parmi leurs membres honoraires, M. Hirn n'a cessé sa vie durant, et jusqu'à son dernier moment, de donner toujours l'exemple de toutes les qualités du caractère et de la pratique du devoir accompli. Sa modestie n'était pas moins grande que sa valeur intellectuelle et morale, et nul plus que lui n'a fait de découvertes saillantes avec plus de simplicité et sans jamais s'en enorgueillir ni chercher à se faire valoir.

J'ai eu le privilège de me trouver en relations fréquentes avec Hirn, presque constantes depuis un grand nombre d'années, et c'était toujours pour moi une fête, un bonheur de le retrouver et de chercher auprès de lui des conseils et souvent un appui précieux dans les questions embàrrassantes et difficiles qui se posaient trop fréquemment.

Je viens de parler de sa modestie; je ne puis à ce sujet me rappeler sans émotion la lutte de générosité qui s'engagea, à un moment donné, entre lui et l'un de ses rivaux scientifiques, l'un de ceux qui, en même temps que lui à peu près, découvrait l'immortel principe de l'équivalent mécanique de la chaleur, et cherchait encore à le formuler clairement pour le grand nombre, chacun des deux savants cherchant à diminuer son propre mérite au profit de son confrère, plutôt que de revendiquer tout entière la priorité d'une découverte qu'il savait cependant devoir assurer à son inventeur reconnu une place incontestée et hors ligne dans le Panthéon de la science.

Tel, et toujours aussi bon, aussi affable et accueillant, ayant

[illegible] un [illegible] aimable pour tous ceux qui venaient lui deman-
[illegible] aide et conseil. tel nous l'avons vu jusqu'à ses derniers jours,
[illegible] dans la région d'où il ne reviendra plus, la conscience
avoir bien et complétement, et utilement rempli une vie con-
[illegible] tout entière à la science et aux méditations philosophiques
[illegible] le plus élevé, mais laissant aussi à ceux qui restent le
[illegible] inaltérable de sa belle existence, et les regrets de l'avoir
[illegible] trop tôt, alors surtout que tant de graves questions occu-
[illegible] encore son esprit, et qu'il était à la veille peut-être de
[illegible] pour nous un coin nouveau du voile qui nous cache
[illegible] tant de merveilles, que des hommes de son envergure
[illegible] peuvent nous faire entrevoir quelquefois, deviner tout au
[illegible].

[illegible] est allé rejoindre aujourd'hui son frère, Ferdinand, qui
[illegible] longtemps aidé dans ses travaux, et qui l'a précédé de quel-
[illegible] années dans la tombe. Que sa dépouille mortelle repose en
[illegible] dans cette terre d'Alsace qu'il a aimée d'un amour si profond;
[illegible]-lui donc, Messieurs, au nom de tous ses compatriotes
[illegible], au nom de tous ses collègues un dernier, un suprême
[illegible].

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Le 17 Janvier 1890

PAR

M. W. GROSSETESTE

Messieurs,

C'est pour moi un devoir à plus d'un titre de venir prendre la parole au bord de cette tombe.

C'est à Hirn que le Comité de mécanique de la Société industrielle de Mulhouse doit ses plus beaux titres de gloire : je viens au nom de mes collègues en témoigner ici publiquement notre reconnaissance.

Hirn, entre autres titres nombreux était membre honoraire de la Société des ingénieurs civils de France, de la Société française de physique. Ces deux Sociétés m'ont fait l'honneur de me déléguer, à titre de collègue, pour exprimer en leur nom la part qu'elles prennent à ce deuil qui frappe cruellement les hommes qu'elles réunissent.

Ingénieur et physicien, deux titres dont Hirn a porté le caractère très haut, et qu'il a fondu ensemble pour donner encore plus de valeur à ses travaux.

A ces hommages suprêmes venus de loin, je dois joindre ceux d'un groupe de ses compatriotes qui à son insu, avaient entrepris en sa faveur une manifestation d'une éloquence particulière. Une médaille devait être frappée à son effigie, lui être présentée comme un tribut d'admiration de ses compatriotes auxquels avaient demandé à se joindre des amis étrangers, que le hasard des relations avait mis au courant du projet. L'exécution d'une

[illegible] était une œuvre de longue durée, il sembla prudent,
[illegible] assauts sérieux que la maladie avait livrés à sa santé,
[illegible] temps, d'abréger le délai d'achèvement. Une médaille
[illegible] effigie et un revers provisoire fut coulée, et lui fut présentée
[illegible] novembre, par un groupe d'amis, dans une démarche
Précaution opportune car ce ne fut que le 13 janvier
[illegible] annonçait la prochaine livraison de la médaille défi-

[illegible] 14 au matin, Hirn expirait

[illegible] a donc pu connaître à temps les intentions dont ses com-
[illegible] étaient animés à son égard.

Au nom de ces amis auxquels cette pensée ne peut faire
[illegible] l'amertume de leurs regrets, je viens adresser un hom-
[illegible] suprême à celui que nous aurions voulu honorer de son
[illegible] et qui n'a reçu que le tribut incomplet de nos sentiments
[illegible] ration.

[illegible] encore un titre auquel il m'est précieux de pouvoir expri-
[illegible] publiquement mes regrets : Hirn m'avait accordé son
[illegible] bonne, réconfortante, encourageante.

[illegible] que durera notre séparation, le souvenir m'en restera pré-
[illegible] — Hirn, homme excellent, au revoir.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. ANTOINE DURENNE

PAR

M. F. BOURDIL

Antoine Durenne est né le 2 août 1798; il est mort le 2 janvier 1890. Il a été un des créateurs de la France industrielle, un des précurseurs de l'ère actuelle, l'ère des ingénieurs, bref un ingénieur civil avant la lettre, et c'est comme tel qu'il a droit à tous nos hommages.

Il appartenait à une famille de braves. Son père, forgeron, eut treize enfants, dont six garçons. Trois furent tués à l'ennemi, et par suite, Antoine Durenne serait entré comme boursier à l'Ecole Militaire sans la chute de l'Empire. Trouvant cette carrière fermée, il fit son apprentissage comme chaudronnier. A 16 ans, il était déjà contremaitre; à 22 ans, il fondait au faubourg Saint-Antoine son premier établissement, et il se mariait. Sa femme lui apportait une dot bien modique dont l'inventaire est pieusement conservé dans sa famille. C'était un matériel d'objets de chaudronnerie valant 1 200 francs; mais elle fut pendant de longues années le plus vaillant et le plus dévoué des collaborateurs.

En 1820, le livre de caisse a un aspect bien modeste, on y trouve des étamages de 0,10 *f*, et la baignoire de 300 *f* fournie à M. de Lafayette parait alors un gros compte. Je ne crains pas de rappeler ces humbles débuts que le beau vieillard aimait à citer lui-même avec un noble orgueil.

Bientôt, M. Clément Desormes, Ingénieur à la manufacture de glaces, s'intéressa à ce jeune et intelligent ouvrier et lui fit exécuter des appareils plus importants et d'un caractère plus scientifique, notamment des alambics.

Mais c'est avec le développement des chaudières à vapeur que commence la véritable carrière industrielle de M. Antoine Durenne. Il comprit dès l'origine cette force naissante, la vapeur, devenue depuis lors le critérium de la grandeur d'un peuple; et faire l'histoire de la carrière de M. Antoine Durenne, c'est résumer l'histoire de la chaudronnerie en France.

En 1822, il fonda une véritable usine, toujours faubourg Saint-Antoine. La maison Perier venait d'importer d'Angleterre en France les chaudières en fonte avec bouilleurs en fonte, destinées à remplacer les anciennes bouilloires en cuivre, dont on s'était contenté jusqu'alors. Ces chaudières cylindriques en fonte de 4 m de longueur au maximum, de [illegible] m de diamètre, avec des bouilleurs de 0,35 m, des épaisseurs de [illegible] à 20 mm et des pressions de 5 atmosphères, nous paraîtraient aujourd'hui des jouets; mais dans l'état de l'industrie, c'étaient des jouets dangereux. M. Durenne se fit une spécialité et acquit une réputation en transformant ces chaudières et en remplaçant les bouilleurs en fonte par des bouilleurs en cuivre.

Les chaudières en tôle en tombeau furent adoptées comme chaudière à basse pression; elles avaient la forme d'un cercueil, étaient bardées de fer à l'intérieur et à l'extérieur. M. Durenne en fit un grand nombre. Mais son esprit inventif ne devait pas s'arrêter là, et il fut bientôt tenté de résoudre le problème difficile de la construction des chaudières à haute pression en tôle. Presque tous les éléments manquaient. On ignorait les règles de calcul applicables aux épaisseurs des tôles, aux diamètres et à l'écartement des rivets. Par des tâtonnements méthodiques, Antoine Durenne résolut la question, et ses règles empiriques ont été si bien posées que le calcul et l'expérience les ont confirmées depuis lors. Il fallait cintrer les tôles sans machines, percer les trous de rivets et faire les têtes au marteau, former les ouvriers nécessaires et exiger un cautionnement des apprentis qui abandonnaient leur poste aussitôt leur apprentissage terminé. Les tôles, même celles de l'usine d'Imphy qui possédait les plus gros laminoirs, étaient feuilletées par suite de l'insuffisance des marteaux; elles atteignaient seulement 0,65 m de largeur, 2 m de longueur, 7 à 8 mm d'épaisseur. Enfin, il fallait satisfaire aux exigences d'un règlement qui voulait que les chaudières fussent éprouvées à une pression quintuple de leur pression en marche normale.

A force de persévérance, d'intelligence et d'énergie, Antoine Durenne triompha de toutes ces difficultés et devint un de nos principaux constructeurs.

L'industrie créée, il fallait la perfectionner; il fut encore à la hauteur de la tâche. En 1824, il invente la première machine à poinçonner. En 1833, il construit, avec M. Cochot, les premiers bateaux à vapeur en tôle construits en France. En 1834, il invente la première machine à cintrer les tôles. En 1835, il construit la première grue en tôle, grue de 6 000 kg. Cet appareil existe encore dans les ateliers de la maison Durenne. En 1839, il construit pour M. Triger les premiers appareils destinés au fonçage des puits par l'air comprimé. En 1842, il invente et fait exécuter par Warall et Middleton la première machine à raboter les bords des tôles, machine bientôt imitée par le Creusot, auquel M. Durenne communiqua ses plans, car, généreux autant qu'il était ingénieux et industrieux, il ne prit jamais de brevets et fit toujours gratuitement profiter ses concitoyens de ses nombreuses découvertes.

En 1846, il contribua, avec MM. Schneider, Calla, Carl, Japy, Farcot et quelques autres, à fonder une réunion devenue, depuis lors, la Chambre syndicale des Constructeurs mécaniciens. En résumé il n'est

pas un progrès de la chaudronnerie en France auquel il n'ait été associé. En dehors de ces œuvres complètement originales et personnelles, citons, parmi ses travaux, les chaudières en cuivre forme colimaçon, qu'il fournit à la marine française en 1828, et les soixante locomotives qu'il fournit à la Compagnie d'Orléans en 1843. Lauréat des Expositions de 1839, 1843, 1844, 1849, il était, cette dernière année, fait chevalier de la Légion d'honneur, pour ses nombreux travaux et ses nombreux services. En 1851, il cédait son atelier à son fils aîné, avec une commande d'environ 2 000 000 de kilos, représentant le ponton-mâture et les portes du bassin de radoub du port de Cherbourg, lui qui avait commencé sa carrière avec un matériel de 1 200 *f*. La tâche avait été vaillamment remplie, et le plus pompeux éloge qu'on puisse adresser à une aussi brillante et noble carrière, c'est d'en faire le récit sans commentaires. L'homme privé était digne de l'industriel : bon, aimable, serviable, avenant et généreux, il était d'une grande finesse et d'une grande distinction morale et physique. Il a su élever une famille digne de lui. Je ne parlerai pas des vivants, car je pourrais blesser leur modestie, vu qu'ils sont des nôtres : mais je ne puis passer sous silence le nom d'un de ses petits-fils, Albert Durenne, notre regretté collègue, digne descendant d'un pareil aïeul; ardent et travailleur comme lui, il voulut transporter en France l'industrie naissante et exclusivement anglaise à l'origine de la construction des torpilleurs. C'est pendant des expériences entreprises dans ce but qu'il a pris sur la Seine les germes de la maladie de poitrine dont il est mort, mort pour la patrie, comme un soldat qui tombe au champ d'honneur, et cette mort est un funèbre mais dernier hommage rendu à la mémoire du grand-père Antoine Durenne.

CHRONIQUE

N° 121

[illegible]. — Les canaux maritimes en 1889. — Le touage sur le Danube. — Abattage des arbres par l'électricité. — Un ancien pont suspendu. — Chaudières à très haute [illegible].

Les Canaux maritimes en 1889. — M. R. E. Peary a publié dans les transactions de l'*American Society of Civil Engineers* un très [illegible] travail sur les canaux maritimes en 1889. Le grand intérêt [illegible] que présente cette question nous a engagé à en donner ici un [illegible].

I. Canaux en exploitation.

Canal du Languedoc. — Ce canal, désigné également sous le nom de *canal du Midi*, ne mériterait pas par ses dimensions d'être classé parmi [illegible] maritimes, mais le but pour lequel il a été établi à l'époque, c'est-à-dire le passage de l'Océan à la Méditerranée des navires faisant [illegible], doit le faire admettre; d'ailleurs, la construction de ce canal, [illegible] temps où il a été fait par Riquet, constituait certainement une [illegible] aussi remarquable que le percement de l'isthme de Suez de nos jours [1].

Ce canal établit, comme on sait, une communication entre Bordeaux, [illegible] de la Gironde, et Cette, sur la Méditerranée. Sa longueur, de [illegible] à l'étang de Thau, est de **242 km**, son point culminant à **180 m** [illegible] du niveau de la mer; son tirant d'eau est de **2 m**; il a **119** [illegible]. Il a été ouvert à la navigation en 1681 et a coûté 17 millions de [illegible], ce qui équivaudrait à plus de 30 millions d'aujourd'hui.

Canal Calédonien. — Ce canal traverse les Highlands d'Écosse, entre [illegible] d'Inverness et le Loch-Eil; sa longueur est de 97 km; mais sur [illegible] distance, 61 km sont formés par des lacs. L'idée de ce canal remonte

[1] Il n'est pas sans intérêt de rapporter les termes mêmes du préambule de l'édit de [illegible] du Canal du Midi, édit signé par Louis XIV à Saint-Germain, le 7 octobre 1666.
« Bien que la proposition qui nous a été faite pour joindre la mer Océane à la Méditerranée par un canal de transnavigation et d'ouvrir un nouveau port (celui de Cette), [illegible] de notre province de Languedoc, ait paru si extraordinaire aux siècles [illegible], que les princes les plus courageux et les nations qui ont laissé les plus belles marques à la postérité d'un infatigable travail aient été étonnés de la grandeur de l'entreprise et n'en aient pu concevoir la possibilité, néanmoins, comme les desseins élevés sont les plus dignes des courages magnanimes, et qu'étant considérés avec prudence ils sont ordinairement exécutés avec succès, aussi la réputation de l'entrepreneur, et les avantages infinis que l'on nous a représenté pouvoir réussir au commerce de la jonction des deux mers, nous ont persuadé que c'était un grand ouvrage de paix, bien digne de notre application et de nos soins, capable de perpétuer aux siècles à venir la mémoire de son auteur et d'y marquer la grandeur, l'abondance et la félicité de notre règne.
« En effet, nous avons connu que la communication des deux mers donnait aux nations de toutes les parties du monde, ainsi qu'à nos propres sujets, la facilité de faire, en peu de jours d'une navigation assurée par le trajet du canal au travers des terres de notre obéissance et à peu de frais, ce que l'on ne peut entreprendre aujourd'hui qu'en passant au détroit de Gibraltar, avec de très grandes dépenses, en beaucoup de temps et au hasard de la piraterie et des naufrages. »

à 1773 où l'illustre James Watt fit un rapport sur la question, mais ce n'est que plus tard qu'on s'en occupa sérieusement. Au commencement de ce siècle, Telford fut chargé par le gouvernement d'étudier le tracé et ensuite d'exécuter le projet; le travail commencé en 1804 fut achevé en 1823.

L'objectif principal était d'éviter à la navigation un long et dangereux détour par le Firth de Penland où, avant l'introduction de la vapeur, les navires étaient exposés à être retenus plusieurs semaines par les vents contraires. Le canal devait également servir de refuge en temps de guerre pour les navires marchands contre les corsaires et de moyen de passage rapide d'une mer à l'autre pour les vaisseaux de guerre.

Le canal calédonien a été projeté pour recevoir des navires de **6,10** *m* de tirant d'eau; il a **28** écluses de **51,85** *m* sur **12,20** et **2,44** *m* de différence de niveau; la largeur est de **15,25** *m* au plafond et **36,60** *m* à la ligne d'eau. Le faite se trouve à **30,50** *m* au-dessus du niveau de la mer. Le coût a été de **25** millions de francs. Ce fut une entreprise hardie et remarquable pour l'époque, mais non un succès financier. Les circonstances, notamment la guerre, ont augmenté les prix des matériaux et de la main-d'œuvre de telle sorte que le canal a coûté le double du prix prévu au devis; on a même dû, pour ne pas exagérer les dépenses, renoncer à creuser la tranchée de faite à la profondeur projetée, d'où il résulte que le trafic est limité à des navires de **5,20** *m* de tirant d'eau et **250** a **300** *tx* de capacité. Sans cette circonstance, le canal aurait pu admettre des navires de **1 000** *tx*; l'insuccès financier qui vient d'être signalé est probablement dû à cette raison plus qu'à toute autre.

Canal de Nord Holland. — Autrefois le seul moyen d'accès au port d'Amsterdam était la rade du Texel et le Zuidersée. Ce dernier est rempli de bas-fonds et sa navigation est difficile; aussi, dès le commencement du siècle, le gouvernement hollandais se décida-t-il à ouvrir une nouvelle communication entre Amsterdam et la mer du Nord.

Il ne pouvait être question de prendre la plus courte distance qui aurait abouti à une côte plate et sans abri; on dut adopter la direction vers le nord, partant du lac Y, presque en face Amsterdam, et aboutissant au port de Niewediep, sur la rade du Texel. Le canal établi d'après ce tracé porte le nom de Canal de Nord Holland; il a été commencé en **1819** et terminé en **1825**, au prix de **25** millions de francs. Il a **84** *km* de longueur, sa largeur est de **37,50** *m* à la ligne d'eau et **9,45** *m* au plafond, et la profondeur de **5,65** *m*. Il y a à chaque extrémité une double écluse de marée ayant **72,30** *m* sur **15,50** *m* et **24,40** *m* sur **5,65** *m*, ainsi que trois écluses régulatrices.

Le canal de Nord Holland a rendu de grands services au commerce d'Amsterdam et constituait un ouvrage remarquable à l'époque où il a été fait, mais il a perdu toute son importance depuis l'ouverture du canal maritime d'Amsterdam, dont nous parlerons plus loin.

Canal de Crinan. — Ce canal qui traverse la presqu'île de Kintyre, en Écosse, a environ **15** *km* de longueur et **3,70** *m* de tirant d'eau; il reçoit des navires de **160** *tx* et leur évite le détour de **200** *km* qu'ils feraient pour doubler le Mull de Kintyre.

Canal de Gloucester-Berkeley. — La ville de Gloucester a un accès direct au canal de Bristol, c'est-à-dire à la mer, par la Severn, mais le cours de ce fleuve est tortueux et le courant rapide produit par les marées rend la navigation difficile et dangereuse. La construction d'un canal entre Gloucester et l'embouchure de la Severn fut décidée en 1793 et, après beaucoup de délais, le travail fut achevé par Telford en 1827. Le canal a 26,5 km de longueur : la largeur est de 3,96 m à 6,10 m au plafond et 24,40 m à 30,50 m à la ligne d'eau : le tirant d'eau est de [illegible] m. Il y a à l'extrémité du côté de la mer une écluse de marée pour maintenir un niveau constant dans le canal.

Canal de Witham. — Ce canal, qui met Boston, dans le Lincolnshire, en communication directe avec la mer, permet d'y amener des navires de 1000 tx au lieu de 300, comme auparavant. C'est un des plus importants travaux de ce genre qui aient été faits en Angleterre. La longueur est de 4 800 m, la largeur de 40 m au plafond et le tirant d'eau de 5 m. La dépense, avec quelques travaux accessoires, s'est élevée à [illegible] millions de francs.

Canal Saint-Louis. — Ce canal a été établi pour éviter la barre du Rhône ; il met en communication le Rhône avec le golfe de Fos, à l'est de l'embouchure du fleuve. Sa longueur est de 3 300 m, sa largeur de [illegible] m à la ligne d'eau et son tirant d'eau de 6 m.

Canal de Gota. — Ce canal traverse la Suède de la mer du Nord à Stockholm, sur une longueur de 400 km environ, mais il ne constitue en fait qu'une série de canaux de faible longueur mettant en communication entre eux des lacs qui forment les quatre cinquièmes de la distance totale.

Ces canaux ont 14 m de largeur au plafond et 26 m à la ligne d'eau, et 3 m de profondeur. Le faîte est à 91,5 m au-dessus du niveau de la mer. Cette voie navigable présente 76 écluses et est traversée annuellement en moyenne par 10 000 bateaux.

Canal de Suez. — Ce grand travail est beaucoup trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister ici à son sujet. Nous nous bornerons à reproduire ce qu'il y a de plus récent dans son histoire.

Dès l'année de l'ouverture, le trafic du canal de Suez augmenta constamment et rapidement jusqu'en 1877, où il s'éleva à 1 663 navires. Il y a eu ralentissement pendant deux années par suite de la crise commerciale, puis il se produisit un accroissement brusque qui doubla presque le trafic de 1879 à 1882 et augmenta encore en 1883, où 3 307 navires représentant 5 775 861 t passèrent d'une mer à l'autre.

Cet énorme trafic atteignait la limite de la capacité du canal, et il devenait nécessaire de prendre immédiatement des mesures pour mettre le canal à la hauteur d'un nouvel accroissement à prévoir.

Il fut question, un moment, de faire un second canal parallèlement au premier, mais on se décida à élargir et approfondir le canal actuel. Ce projet fut approuvé en 1885 ; il consistait à porter la profondeur à 9 m et la largeur de 65 à 75 m dans les parties droites et de 85 à 80 m dans les courbes de moins de 2 500 m de rayon. Le cube total à enlever pour

y arriver devait être de 68 000 000 de m^3 et la dépense de 200 000 000 de *f*. Ces travaux devaient d'ailleurs s'opérer en trois périodes successives.

La première période, qui consiste à réaliser une profondeur de 8,50 *m* et une largeur au plafond de 37 *m* est en cours d'exécution; elle doit coûter environ 60 000 000 de *f*.

Depuis 1883, bien que le canal ait été ouvert à la navigation de nuit qui permit de réduire de trente-six à seize heures la durée du transit, le trafic a augmenté moins rapidement que dans les années précédentes, et l'augmentation s'est portée plus sur le tonnage moyen que sur le nombre des navires. L'accroissement de ce tonnage moyen est un fait des plus remarquables; ce tonnage de 1 000 *t* en 1870 a passé à 2 743 en 1883.

Au point de vue commercial et politique, le canal de Suez a une importance énorme, surtout pour l'Angleterre, dont il rapproche de 7 000 milles ses possessions des Indes comparativement avec le trajet par le cap de Bonne-Espérance. Le pavillon anglais représente, en effet, 75 0/0 du trafic total.

Canal d'Amsterdam. — La longueur du canal de Nord-Holland et l'accroissement des dimensions des navires arrivant à Amsterdam amenèrent, pour mettre cette ville à même de lutter avec le commerce des ports, situés plus favorablement, de Rotterdam et d'Anvers, l'établissement d'une communication directe entre Amsterdam et la mer du Nord. Ce nouveau canal n'a que 25 *km* de longueur; sa largeur est de 27 *m* au plafond et 57 *m*. au plan d'eau, et sa profondeur de 7 *m*.

La plus grande partie est creusée dans un lac peu profond et le reste dans des dunes de sable La principale difficulté a été l'établissement et la conservation du débouché dans la mer du Nord, ainsi que le remaniement complet du système de dessèchement de la contrée traversée par le canal. Il y a à l'embouchure sur la mer une double écluse de 120 *m* sur 18,30 *m* et 69,20 *m* sur 12,20 *m*. A l'entrée, dans le Zuiderzée, il y a une triple écluse dont une des chambres à 96 *m* sur 18,30 *m*, et les deux autres 72,60 *m* sur 14,30 *m*.

La construction du canal et du port a exigé l'enlèvement par draguage de 16 000 000 de m^3 de sable dont la plus grande partie au prix extrêmement bas de 25 *c* par m^3. Le canal a été commencé en 1865 et achevé en 1876; la dépense totale a été de 75 000 000 de *f*. Le trafic est considérable et augmente d'une manière continue.

Canal de Saint-Pétersbourg. — Les plans pour l'exécution de ce travail étaient achevés dès 1872, mais les travaux n'ont commencé qu'en 1878.

L'ouverture partielle a eu lieu en octobre 1884, mais l'inauguration définitive n'a été faite officiellement que le 27 mai 1885.

La longueur est de 18 900 *m*, la largeur de 55 à 72 *m* en général et, au maximum, de 100 *m*, la profondeur de 6,70 *m*. Le cube total enlevé s'est élevé à 47 000 000 de m^3 d'argile, de sable et gravier, dont une partie a servi à l'établissement de digues. La dépense a été de 45 millions de *f*.

Le tracé part de l'embouchure de la Néva, où est établi un grand bassin le canal se dirige alors vers Cronstadt et est contenu entre des digues sur une largeur de 62 *m* pendant 3 *km* environ. Une bifurcation joint

[illegible] d'une part et la Neva au-dessus de Saint-Pétersbourg de l'autre. [illegible] reposent sur des grillages en bois remplis de graviers et leurs [illegible] au canal sont revêtues en bois.

[illegible] a employé à la construction 3 500 ouvriers, 13 dragues, 3 locomotives avec 250 wagons, 86 allèges et barques diverses, 12 remorqueurs [illegible] fixes.

Ce canal a une grande importance tant commerciale que stratégique. [illegible] permet de faire remonter directement à Saint-Pétersbourg [illegible] de guerre et de commerce. Avant l'ouverture du canal, on [illegible] décharger sur des allèges la cargaison des navires calant plus de [illegible] qu'au départ. La conséquence de ce travail a été de [illegible] mouvement de sortie du port de Saint-Pétersbourg de [illegible] en 1883 à 920 000 en 1886, mais cet effet s'est produit au [illegible] de Cronstadt dont le trafic s'est trouvé à peu près annihilé.

Canal de Gand à Terneuze. — Depuis l'an 1250 il a été établi divers [illegible] pour assurer les communications de Gand avec la mer, la construction [illegible] remonte à 1827 ; elle réduisait à 34 km la distance [illegible] à la mer, au lieu de 170 km par l'Escaut. Mais ce canal [illegible] à la hauteur des progrès de la navigation et il a dû être [illegible] élargi à 17 m au plafond et 53 m au plan d'eau, tandis [illegible] porté de 6 à 6,70 m. Ce travail a été très profitable au commerce de Gand.

À la suite de cette énumération des canaux en exploitation dans [illegible] M. Pavie passe à l'examen des travaux analogues existant [en Amérique].

Canal de Welland. — Le canal de Welland a été commencé en 1824 [illegible] en 1833 par une entreprise particulière, à la profondeur de 2,40 m. Il a été repris en 1841 par le gouvernement Canadien et creusé à 2,75 m. Cette profondeur fut plus tard portée à 3,05 m par l'exhaussement des [illegible] et les écluses furent élargies.

En 1867, le canal pouvait donner passage à des navires de 400 tonneaux. Les dépenses déjà faites s'élevaient alors à 37 millions de francs. En 1871 on trouva nécessaire d'accroître encore la capacité de cette voie [illegible], on commença peu après les travaux qui furent terminés en [illegible].

On devait d'abord porter les dimensions des écluses à 82 m sur 13,70, la profondeur du canal à 3,60 m, mais à peine les travaux furent-ils commencés qu'on reconnut que ce ne serait pas suffisant et on porta le tirant d'eau à 4,27 m. Les dépenses avaient été évaluées de 60 à 65 millions de francs, mais ce chiffre a été considérablement dépassé.

Le canal a 42,7 km de longueur ; il va du lac Érié au lac Ontario parallèlement au Niagara. Son tirant d'eau est, comme on vient de l'indiquer, de 4,27 m et la largeur au plafond de 30,50 m.

Il a 27 écluses donnant une différence totale de niveau de 100,60 m et permet le passage des navires de 1 000 tonneaux. Il est vraisemblable qu'on sera encore obligé de l'élargir avant peu d'années.

Canal de Saint-Mary. — Ce canal qui forme l'émissaire du lac Supérieur est avantageux à divers points de vue. Il a 1 610 m de longueur, son tirant

d'eau est actuellement de 4,90 *m*. Il possède la plus grande écluse du monde 157 *m* de longueur, 24,40 de largeur, 18,30 d'ouverture de portes, 5,20 de hauteur d'eau sur les seuils et 5,50 *m* de différence de niveau entre les biefs.

La construction primitive remonte à 1855 ; il y avait à cette époque deux écluses de 106,75 *m* sur 21,35 avec 3,65 de hauteur d'eau sur les seuils et 2,75 *m* de différence de niveau chacune. Vers 1870 il devint évident que la capacité de trafic du canal devenait insuffisante et on entreprit les travaux d'élargissement, consistant dans la construction de l'écluse actuelle et l'approfondissement du canal à 4,90 *m*. Ils furent achevés en 1881 ayant coûté environ 12 1/2 millions de francs et leur résultat sur le trafic du canal fut tout à fait extraordinaire. Une augmentation considérable se produisit tant sur le nombre que sur les dimensions des navires. Le tonnage a passé en effet de 1 1/2 millions de tonnes en 1881, la première année qui a suivi l'ouverture du canal à grande section, à 4 1/2 millions en 1886, c'est-à-dire qu'il a triplé en cinq ans.

En 1888, le trafic dépassait 5 1/2 millions et, pour l'année qui finit en juillet 1889, il a atteint tout près de 7 millions de tonnes. Il est donc actuellement à peu près le même que celui du canal de Suez ; il y a un mois où il a passé 1 685 navires.

En 1886 on pouvait déjà reconnaître que la capacité maximum du canal serait promptement atteinte, cette capacité étant de 96 navires par vingt-quatre heures, et le chiffre déjà constaté étant de 84. On proposa alors un nouvel aggrandissement qui est en voie d'exécution. Ce travail consiste en une écluse de 240 *m* sur 30,50 *m*, avec 6,40 *m* de profondeur d'eau sur les seuils et 5,50 *m* de différence de niveau et dans l'approfondissement du canal à 6,10 *m*. La nouvelle écluse sera établie à la place des deux anciennes et servira conjointement avec la grande écluse actuelle. Ces travaux doivent coûter environ 24 millions de francs et dureront cinq ans. Si, après leur achèvement, le trafic prend un nouvel essor comparable à celui qu'il a eu après le premier élargissement, et il ne parait pas y avoir de doute à cela, le canal de Suez, même arrivé à ses dimensions définitives, aura bien de la peine à lutter pour l'importance du transit avec le canal de Saint-Mary.

L'écluse actuelle est non seulement la plus grande, mais, disent les Américains, la plus belle du monde entier ; elle est manœuvrée par la puissance hydraulique fournie par la chute de l'écluse ; une opération complète de passage d'un navire s'effectue en *treize minutes*. Le droit de passage par le canal s'élevait en 1882 de 0,075 *f* à 0,10 *f* par tonne ; il est actuellement réduit à 0,025 *f*.

Canal de Des Moines. — Ce canal fait éviter les rapides de Des Moines, sur le Mississipi. Il a 12,25 *km* de longueur, 91,50 *m* de largeur, 1,50 *m* de profondeur aux basses eaux et 5 à 7,80 *m* aux hautes eaux. Les écluses ont 105 *m* sur 24 *m*. La dépense s'est élevée à 22 1/2 millions de francs. En 1885, ce canal a donné passage à un millier de navires.

Canal de Louisville et Portland. — Cette voie de navigation, établie dans un but analogue à celui du précédent et avec les mêmes dimensions,

... chutes de l'Ohio à Louisville. En 1885, elle a donné passage à ... navires d'un tonnage collectif de 1 217 231 t.

... terminé ici l'énumération des canaux maritimes en exploitation. Cette liste nous paraît présenter quelques lacunes ; on pourrait ... y ajouter rien que pour la France, le canal de Caen à la mer à 4 m de tirant d'eau et le canal de Tancarville, bien que ce dernier ... destiné à la batellerie.

(A suivre.)

Le touage sur le Danube. — Les publications de l'*Institution of Civil Engineers* contiennent comme appendice à une lecture faite par Sir Charles A. Hartley sur la navigation intérieure en Europe, un rapport de M. Murray-Jackson, Ingénieur en chef de la Compagnie de navigation du Danube, sur le touage à vapeur. Bien que ce rapport remonte à quelques années déjà, il nous paraît conserver tout son intérêt ; ... principalement sur la question de la comparaison des toueurs et des remorqueurs.

Les avantages du touage sur chaîne immergée au point de vue mécanique sont bien connus, mais on oublie trop souvent que ces avantages ne peuvent être acquis qu'au prix d'une mise de fonds très importante. ... est proportionnelle à la longueur et au poids de la chaîne. Cette ... a besoin d'être renouvelée au bout de dix ans, et si on compte, ... l'entretien, les réparations et l'intérêt du capital, on est conduit ... à 15 0/0 de ce capital d'acquisition, par an, l'avantage obtenu ... [1].

Sur l'Elbe et sur le Danube la chaîne avait été établie à l'origine avec ... diamètre de fer de 0,022 m. A la suite de ruptures multipliées, on a ... substituer une chaîne de 25. La chaîne du Danube est en fer de ... spéciale ; elle est formée de maillons courts de 0,102 sur 0,008 m ; ... presque exactement 1 kg par maillon, soit 15 130 kg par kilomètre ... est faite par bouts de 91,5 m (100 yards) assemblés par des ... spéciaux.

... de rupture est garanti à 30 t et chaque bout de 91,5 m a été ... à un effort de 10 t qui n'a produit aucune déformation permanente.

Cette chaîne a coûté environ 9 500 f par kilomètre, y compris les ... à 12 0/0 ; la longueur totale de 64,5 km posée entre Presbourg et Vienne (y compris le mou nécessaire évalué à 5 0/0) ... coûté 612 750 f. Les glaces, les hautes eaux extraordinaires ... périodiques, etc., durant lesquelles le touage ne peut fonctionner réduisent le nombre des jours de marche à 300 par an. Les 15 0/0 dont il a été parlé plus haut font donc une somme de 300 f par ... en nombre rond que coûte l'emploi de la chaîne.

Les meilleurs remorqueurs à roues qui font le service entre Presbourg et Vienne n'ont jamais un recul de plus de 50 0/0, mesuré au tiers de la ... de l'aube à partir du bord extérieur. Ces remorqueurs font ... en douze heures en moyenne et, comme le courant a une vitesse

[1] En France on compte seulement de 8 à 10 0/0 par an, la durée de la chaîne avant ... reconnue très supérieure à dix années.

de 6,5 *km* à l'heure, la distance réelle de Presbourg à Vienne, qui est de 61 *km*, se trouve effectivement portée à 139, tandis que la circonférence des roues décrit un parcours double, soit 278 *km*. L'effet utile des roues se trouve ainsi réduit à 22 0/0.

Si on suppose que la charge du toueur est la même que celle du remorqueur à roues, la résistance sera la même si on admet une même série de voyages de douze heures et, s'il n'y avait aucune perte de travail avec la chaine, le travail nécessaire serait de 1 pour le toueur contre 4,5 pour le remorqueur. On peut évaluer à 10 0/0 la perte par le mou et le glissement, mais il y a en outre à tenir compte des frottements considérables des rouleaux et des tambours sur lesquels s'enroule la chaine.

Pratiquement. le trajet sur chaine de Presbourg à Vienne s'effectue en quatorze heures et la charge maxima est de 1 000 *t* réparties sur quatre bateaux, tandis que les remorqueurs prennent 500 *t*, soit la moitié, portées sur deux ou trois bateaux.

Les toueurs brûlent 4 300 à 4 750 *kg* de combustible et les remorqueurs 9 000 à 9 500 *kg*. Deux remorqueurs brûleraient donc 18 000 à 19 000 *kg* pour trainer 1 000 *t*. La proportion est donc de 4 à 1.

Si le trafic total annuel s'élève à 300 000 *t*, ce qui correspond à un train de touage par jour ou à deux remorqueurs, on peut établir la comparaison comme suit :

Pour 300 voyages 1 350 *t* à 20 *f*	27 000 *f*
15 0/0 sur le prix de la chaine.	90 000
Total.	117 000 *f*
Pour 600 voyages de remorqueurs 5 400 *t*.	108 000

Le touage coûte donc plus cher pour un trafic de 300 000 *t*, mais si le trafic double, c'est-à-dire monte à 600 000 *t*, les choses changeront : le touage coûtera avec deux toueurs 144 000 *f*, tandis que le remorquage arrivera à 216 000 *f*. donnant ainsi un bénéfice de 72 000 *f* au lieu d'une perte de 9 000 *f*. De même, si on doublait la longueur de la chaine, avec le trafic indiqué en dernier lieu, l'économie augmenterait dans la même proportion que le parcours.

Il est nécessaire de faire remarquer ici que l'hypothèse admise qu'il faut deux remorqueurs pour faire le travail d'un toueur n'est pas rigoureusement exacte. Lorsque le touage est interrompu, par exemple, dans les hautes eaux (1), les remorqueurs à roues peuvent encore faire régulièrement leur service. Le touage aurait donc une certaine impuissance occasionnelle et, de plus, il ne peut faire des services intermédiaires sans une perte de temps. En outre, il arrive souvent que les trains de touage sont loin de représenter la charge maxima. Le grand inconvénient du touage sur une ligne de navigation de grande étendue lorsqu'il n'existe que partiellement, comme sur le Danube, est que le toueur ne peut

(1) Sur la Seine, c'est le contraire (en ce qui concerne la remonte) ; en été, quand les barrages fonctionnent, le courant devient presque nul, l'avantage des toueurs sur les remorqueurs disparaît et les prix de traction diminuent (jusqu'à 50 0/0). En hiver, quand les eaux montent et que les barrages ont baissés, les remorqueurs ne peuvent plus lutter avec le touage qui relève ces prix. A la descente, il n'en est plus de même, l'avantage des toueurs est d'autant moindre que le courant est plus rapide.

[illegible] là où existe la chaîne, tandis que le remorqueur va par-

[illegible] remorqueurs du Danube ne se servent pas de la chaîne à la des[illegible] ils emploient des roues à aubes articulées, dont ils [illegible] depuis peu [illegible], et peuvent prendre des barques en remorque [illegible]. Ce n'est que sur le Danube qu'il existe des toueurs à roues, [illegible] disposition très avantageuse. Sur l'Elbe, la descente se [illegible] bateaux sans le secours de la vapeur. Ceux qui remontent [illegible] peu chargés et sont traînés par des toueurs sur chaîne : il [illegible] vrai que le courant de l'Elbe est beaucoup moindre que celui du [illegible]. Avec les remorqueurs à roues, il faut avoir soin de ne pas exagé[illegible] charge et de la proportionner à la fois à la puissance du bateau et [illegible] du courant, autrement le recul devient énorme et entraîne une [illegible] considérable de travail.

Abatage des arbres par l'électricité. — Dans les grandes [illegible] on emploie l'électricité pour l'abatage des arbres. [illegible] dont on se sert pour les bois d'essence tendre est une tarière [illegible] mouvement de va-et-vient, en plus du mouvement de [illegible] qui lui est donné par un petit moteur électrique. Le tout est [illegible] un chariot qui peut tourner autour d'un axe vertical et qu'on [illegible] tronc de l'arbre à abattre. La mèche de l'outil décrit un arc de [illegible] fait une saignée dans le tronc en opérant comme une machine [illegible] le bois.

[illegible] passe est pratiquée, on avance l'outil pour approfondir la [illegible] jusqu'à ce que celle-ci soit arrivée à la moitié du diamètre du [illegible] alors des cales pour empêcher la fente de se refermer et on [illegible] autre côté jusqu'à ce qu'il devienne dangereux d'aller plus [illegible]. L'opération est terminée à la hache ou avec une scie à bras. Le [illegible] se fait très rapidement et avec très peu de main-d'œuvre.

[illegible] avait essayé, il y a quelques années, en Amérique de scier les [illegible] avec un outil ayant, au lieu de lame dentée, un fil métallique [illegible] rouge blanc par un courant électrique. Il ne paraît plus avoir [illegible] de ce procédé.

Un ancien pont suspendu. — Nous trouvons dans le *Street [illegible] Journal*, de New-York, le curieux renseignement suivant :

Le tramway qui va de Amesbury à Newburyport, Massachusetts, [illegible] particularité de traverser le Merrimac sur un pont qui est [illegible] le plus ancien pont suspendu qui existe en Amérique [illegible] certainement aussi dans le monde entier. En effet ce pont a été [illegible] le 26 novembre 1792, de sorte qu'il aurait actuellement un [illegible] bien peu s'en faut.

Le pont se compose en réalité de deux ponts réunissant à chaque [illegible] fleuve une île appelée Deer Island qui est au milieu. La lon

1. Sur la Seine il y a des toueurs munis d'hélices pour opérer la descente lorsque le courant est rapide. Les bateaux vides descendent quelquefois seuls et sans aide, ce qui est très lent, aussi pour gagner du temps, l'usage du touage ou du remorquage se [illegible] de plus en plus, même pour ce cas.

gueur totale est de 314 *m*, la largeur de 10 40 *m* en deux tabliers et la hauteur de 11 30 *m* au-dessus des hautes eaux.

Il y a quatre rangs de chaines, deux pour chaque tablier, chacun composé de trois chaines. Ces chaines sont en fer carré de 25 *mm* de côté, formant des maillons soudés de 0 65, *m* de longueur. Les tiges de suspension sont disposées de la manière la plus primitive ; elles sont terminées par un double crochet qui s'engage dans deux maillons adjacents. Les chaînes passent sur de massifs piliers en charpente bordés de planches, formant deux arcades pour le passage et portés sur les culées. L'ancrage a été visité il y a quelques années et les extrémités des chaines qui sont noyées dans la maçonnerie ont été trouvées en parfait état. Le pont a été construit en sept années sous la direction de Timothy Palmer, de Newburyport. L'article d'où ce qui précède est extrait est accompagné d'une vue faite d'après une photographie.

Ceci était écrit lorsqu'il nous est tombé sous la main l'ouvrage intitulé *American Railroad Bridges*, par Théodore Cooper, où il est parlé de ce pont d'une manière qui modifie un peu la description précédente.

Le pont primitif, construit par Timothy Palmer, en 1792, se composait de deux ponts, non pas *suspendus*, mais en bois. Celui du côté de Newbury fut remplacé en 1810 par un pont suspendu en chaines, construit par John Templeman; ce pont a 74 40 *m* de portée entre les culées. L'autre pont est resté dans son état primitif jusqu'en 1883. Le reste de la description précédente est exact; il n'y a qu'à substituer la date de 1810 à celle de 1792, ce qui donne encore à cet ouvrage d'art une antiquité suffisante pour un pont suspendu.

Chaudières à très haute pression. — M. Charles Bastow Carebourne a fait le 26 décembre dernier à la *North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders* une communication dans laquelle il a développé des considérations très originales sur la construction des chaudières à très haute pression.

L'auteur expose d'abord l'intérêt qu'il y a, suivant lui, à accroître la pression de marche des machines, notamment pour la marine. En passant de 5 à 5 1/2 *kg* pression des machines Compound à 10 à 11 *kg* avec les machines à triple expansion, on a réalisé une économie de 20 à 23 0/0; il y a une économie à peu près égale à réaliser en portant la pression de 10 à 11 *kg* à 17 ou 18 *kg* et en employant des machines à quadruple expansion.

La difficulté est la question des chaudières. Le type de locomotives présente le double inconvénient d'être d'un nettoyage difficile et de donner des entrainements d'eau considérables avec les mouvements du navire. Certains ingénieurs voient la solution dans l'emploi des chaudières à petits éléments. M. Carebourne préfère s'en tenir au type éprouvé des chaudières cylindriques actuelles.

La seule difficulté avec ces chaudières pour les mettre à même de supporter des pressions de 17 à 18 *kg* est dans les enveloppes, c'est-à-dire la partie cylindrique. On est déjà arrivé à employer des tôles d'acier de 0,035 *m* d'épaisseur. C'est la limite ; au delà on ne pourrait plus compter sur la qualité des tôles, et le cintrage deviendrait difficile

[illegible] cause sérieuse d'insécurité, ainsi que l'assemblage par [illegible]

[illegible] peut dans une certaine mesure surmonter cette difficulté par l'em- [illegible] de viroles laminées sans soudure.

[illegible] voici la solution ingénieuse proposée par l'auteur. [illegible] à la disposition ordinaire, mais la partie cylindrique est [illegible] deux enveloppes laissant entre elles un intervalle de 1 ou 2 [illegible] dans lequel agit un fluide ou liquide sous pression, qui peut [illegible] mais qui, dans l'espèce, est naturellement de le [illegible] La pression de cette vapeur contre-balance partiellement la [illegible] intérieure de la chaudière. Ainsi, si la pression intérieure est 18 kg et la pression dans l'enveloppe de 8, la tôle du corps cylindrique [illegible] devra avoir que l'épaisseur des anciennes chaudières [illegible] à 10 kg, et la tôle de l'enveloppe extérieure l'épaisseur correspondant à 8.

[illegible] d'une double paroi augmentera certainement le poids, mais [illegible] plus qu'avec les tôles épaisses correspondant à la nou- [illegible] pression et dont l'usage entraînerait d'ailleurs des difficultés [illegible] de construction.

[illegible] ne croit pas qu'il y ait lieu de renforcer beaucoup les autres [illegible] de la chaudière. Les tubes ont généralement une épaisseur [illegible], on pourrait d'ailleurs réduire légèrement le diamètre qui est [illegible] grand dans les chaudières marines. Les tirants seraient [illegible] et leur écartement ainsi que celui des entretoises un peu [illegible] L'épaisseur des plaques tubulaires est réglée plutôt par la [illegible] d'avoir un bon emmanchement des tubes que par la résistance [illegible] pression de la vapeur. Avec les foyers ondulés de Fox, il n'y aurait [illegible] à leur épaisseur à donner. D'ailleurs les 20 ou 25 0/0 d'écono- [illegible] par suite de l'emploi d'une pression très élevée permet- [illegible] diminuer d'autant les dimensions de la chaudière, ce qui [illegible] combattre et réduire l'augmentation du poids.

[illegible] dans l'enveloppe serait réglée par un régulateur automa- [illegible] alimentation continue de l'eau condensée serait assurée d'une [illegible] convenable.

[illegible] que certaines objections puissent être faites sur le terrain [illegible] de cette proposition : les fuites dans la paroi intérieure diffi- [illegible], la difficulté de la surveillance et même de la construction, [illegible] très grave qui résulterait d'une modification notable en plus [illegible] de la pression dans l'enveloppe, etc. L'expérience [illegible] de la valeur de l'idée, mais celle-ci nous a paru assez [illegible] et assez ingénieuse pour mériter d'être signalée, étant donnée l'importance du but à atteindre.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1889

Production mécanique et utilisation du froid artificiel, par M. G. Richard, Ingénieur civil des Mines.

Cette étude a été préparée à la demande du Comité d'organisation du Congrès international de Mécanique appliquée, qui s'est réuni au Conservatoire des Arts et Métiers, du 16 au 21 septembre 1889, sous la présidence de M. Philipps. Nos collègues trouveront un résumé de cet important mémoire dans le compte rendu des travaux du Congrès de Mécanique, présenté à la Société des Ingénieurs civils, par M. Boudenoot dans la séance du 17 janvier 1890.

Métallurgie. — Congrès de l'*Iron and Steel Institute*.

Le compte rendu des travaux et des excursions de l'*Iron and Steel Institute* a été donné dans le bulletin de novembre 1889 de la Société des Ingénieurs civils, page 626 et suivantes.

Exposition universelle de 1889. — Liste des membres du Jury international des récompenses.

Extraction de la glycérine des fabriques de savon. (Traduit du *Zapiski.)*

Locomotive électrique d'Immisch pour les mines. (Traduit du *Dingler's polytechnisches Journal.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Octobre 1889

Action dynamique des charges roulantes sur les poutres droites qui ne travaillent qu'à la flexion, par M. Souleyre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur fait observer que l'on calcule toujours l'action des charges roulantes comme si leur vitesse de déplacement était insignifiante. Or, cette vitesse peut majorer les efforts statiques pour quatre raisons différentes :

1° Parce que la charge prend un mouvement de tangage ou de lacet, suivant les cas, sous l'action de son propre déplacement ;

2° Parce qu'en se déplaçant avec une certaine vitesse, elle produit sur

... mouvement vibratoire et donne lieu à des flèches différentes ...

... la surface de roulement donnent lieu à des chocs, ... qui se transmettent à la poutre, avant qu'elle n'ar- ... définitif, peuvent modifier l'état moléculaire du ... sa résistance.

... longtemps à évaluer directement par le calcul ... des charges roulantes, mais toutes les méthodes ... Outre qu'elles supposent une voie de roule- ... état, elles admettent que l'effet dynamique va en crois- ... avec la vitesse, ce qui n'est pas exact.

... on peut arriver à un résultat plus satisfaisant par ... consiste à ramener l'étude des flèches à celles des mo- ... les résultats sous forme d'intégrales définies.

... cette méthode, toute différente de celle de l'intégra- ... différentielles d'équilibre employée par la plupart des ... M. ... arrive aux conclusions suivantes :

... dynamiques décroissent avec les portées, mais moins ... tente de le croire pour des portées de 30 à ...

... très variables selon la région considérée sur la ...

... pour les poutres principales des ponts-routes ... la construction de ces ouvrages consiste dans l'étude ... anormales dont M. Considère a donné des exemples. ... pour les ponts calculés selon les errements actuels, ... d'être rationnellement établies. Pour les ... surtout, les méthodes de calcul des moments ... donnent une idée très inexacte de ... dynamiques.

... adopter des coefficients de travail statique variables ... des portées. On ... ainsi ... les conditions d'entretien des ouvrages métalliques, ... de construction des ...

Déformations des barrages en maçonnerie ... par M. Soulier, Ingénieur des Ponts et Chaussées. ... le profil des barrages en maçonnerie ... une longueur ... au contraire ... la résistance ... négligée.

... de rechercher ... de section ... des hauteurs et largeurs ... ordre de grandeur ...

Comparaison de la circulation des routes nationales avec celle des chemins de grande communication de l'Oise, par M. ..., Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Dans le département de l'Oise, la circulation des chemins de grand communication n'est guère que la moitié de celle des routes nationales et leur crédit d'entretien doit nécessairement être inférieur à celui des routes. L'auteur pense que ces résultats comparatifs doivent très probablement s'étendre à toute la France et donne ce fait pour réfuter l'argument capital mis en avant pour justifier le déclassement des routes nationales, savoir que l'entretien de celles-ci coûterait plus cher au mètre courant que l'entretien des chemins de grande communication.

ANNALES DES MINES

5me livraison de 1889.

La garantie d'intérêt et son application en France a l'exécution des travaux publics, par M Colson, Ingénieur des Ponts et Chaussées, maitre des requêtes au Conseil d'Etat.

Ce travail a déjà été publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (Voir comptes rendus d'avril 1889, p. 720).

Discours prononcé aux funérailles de M. Fuchs, Ingénieur en chef des Mines, le 9 septembre 1889, par M. Haton de la Goupillière, Inspecteur général, directeur de l'Ecole supérieure des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre

Excursion faite à Commentry le 24 mars 1889. — Cette excursion avait pour objet la visite de l'atelier de préparation des charbons de la houillère de Commentry. Cette installation se compose d'un atelier de criblage et de triage et d'un atelier de lavage.

Le charbon est amené des puits par trains de 82 wagonets portés sur 13 plates-formes représentant un poids total de 80 *t* et un poids utile de 32.8 ; on fait 42 trains semblables par poste de dix heures.

L'atelier de triage comporte 6 cribles alimentant 12 tables de triage ; chaque appareil de triage se compose d'un receveur mécanique, d'un rouleau distributeur, d'un crible et de 2 tables pour le triage du charbon. Chaque table trie 12 *t* à l'heure de charbon de première qualité après criblage sur tôle à trous de 28 *mm*, ou 20 *t* de charbon de deuxième qualité après criblage sur tôle à trous de 50 *mm*. Les déchets de triage sont ensuite repassés a un trommel qui peut traiter 100 *hl* à l'heure. Les charbons triés et les menus sont conduits par des toiles de transport dans les wagons.

[illegible] comprend 2 lavoirs accolés et 3 lavoirs simples. [illegible] en moyenne 15 t à l'heure en réduisant la [illegible] de 13 à 8 0 0. Les charbons lavés sont mis en tas [illegible] wagonnets au niveau supérieur de la recette au moyen [illegible] à vapeur placés à chaque extrémité de l'atelier, [illegible] dont le piston a 0,45 m de diamètre et 1,90 de [illegible] 600 kg parcourt à la hauteur de 10,70 m en vingt secondes. [illegible] a des expériences de havage mécanique faites à [illegible] avec la machine Paul Fayol, mue par l'air [illegible] se compose essentiellement d'une lame à dents [illegible] ayant un mouvement analogue à celui [illegible] de locomotive ; les dents décrivent un cercle [illegible] celui des manivelles travaillant les unes après les [illegible] ne trace qu'une fai de portion de la rainure.

[illegible] 100 tours par minute la vitesse de havage à l'heure est [illegible] 24 m — ou la nature de la houille. La dépense journalière [illegible] de 35 à 40 f par poste de neuf heures, le prix de [illegible] pour 50 à 80 m² par jour, ressort à 0,50 à 0,75.

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 2 Novembre 1889

Ventilateur système Rateau. — Dans une précédente communi[illegible] comptes rendus d'octobre 1889, p. 544) on a indiqué les [illegible] avec un ventilateur de forge à roue à palettes de 50 cm [illegible] M. Rateau a depuis poursuivi des recherches pour élucider [illegible] suivants : 1° le nombre (20) des palettes n'est-il pas trop [illegible] 2° comment la palette agit-elle sur l'air, le travail qu'elle [illegible] pour effet d'accroître la pression de l'air ou plutôt sa [illegible] 3° quelles sont les pertes que la volute et sa base occasionnent, [illegible] comment le diffuseur et sa base transforment la force vive [illegible] en pression statique. On trouvera dans la note le détail des [illegible] sur chacun de ces points.

[illegible] modifications qu'ont suggérées ces expériences appliquées à [illegible] de 1 40 m que la maison Biétrix installe en ce moment [illegible] des environs de Saint-Étienne, l'auteur espère atteindre un [illegible] manométrique de 1300 0 et un rendement en travail de 85.

[illegible] de M. Termier sur le **Massif cristallin du Mont Pilat.**

Communication de M. Renault sur une **nouvelle disposition pour piles voltaïques.** [illegible] consiste en un vase [illegible] contenant le liquide excitateur et constituant le pôle positif. [illegible] négatif est formé d'un demi-disque de zinc pouvant tourner [illegible] axe horizontal supporté par un couvercle en bois formant la

pile et empêchant l'évaporation du liquide. On peut ainsi plonger le zinc dans le liquide ou le retirer ; on emploie comme liquide un sel mixte à base d'acide chromique, très soluble dans l'eau et renfermant la quantité de mercure nécessaire pour maintenir le zinc dans un état parfait d'amalgamation. Chaque élément de pile possède une force électromotrice de 18 volt et, suivant sa capacité, de 3 à 6 ampères.

Communication de M. VILLIERS sur **le pont du Forth.**

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NEERLANDAIS (1)

Livraison du 11 janvier 1890

Le théorème des trois réactions dans une poutre continue avec points d'appui à distances inégales par M. van den Berg.

L'influence du pont sur l'Issel à Deventer sur le régime de cette rivière par M. de Wildt.

Avant la construction du pont du chemin de fer un peu en aval de la ville de Deventer, on se préoccupait des remous que la présence de cet ouvrage d'art pouvait occasionner à la surface de l'eau lors des crues extraordinaires, ce qui pouvait avoir des conséquences funestes pour les localités environnantes. Il y eut de vives discussions entre la ville et la Société de construction, discussions qui durent être tranchées par une décision ministérielle. M. de Wildt met en lumière les divers éléments de cette discussion et traite en même temps un problème hydrologique d'un très grand intérêt.

Le port de Harlingen, et ses accès, par M. F. L. Ortt.

Le port maritime de Harlingen, dans la Frise, est accessible aux navires d'un tirant d'eau de 3 à 4 20 *m*. A diverses époques, notamment de 1870 à 1876, on a cherché à l'améliorer, sans qu'on ait obtenu des résultats satisfaisants à tous les points de vue. M. Ortt donne un aperçu historique des travaux exécutés, des progrès accomplis et de ceux qu'on pourrait encore obtenir.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *4 Janvier 1890*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

... sur une machine à triple expansion de la fabrique ... par M. Schröder.

... métalliques de la salle d'étude des archives de ... Helsingfors.

... Aix-la-Chapelle. — Écoles techniques moyennes. — Chemins ...

... de Berlin. — Projet de législation sur la propriété foncière. ... pour l'électricité.

... de Mannheim. — Nouveautés de la dernière exposition de ... — Procédé Spengler pour l'épuration des eaux d'alimentation ... — Réparation des essieux coudés. — Distribution de ... compagnie à Paris.

... des chemins de fer. — Substitution des rails d'acier.

... pondance. — Embrayages.

... — Rapporteur pour tracer les angles de Bing. — Exposition ...

N° 2. — 11 Janvier 1890.

... systèmes de réducteurs pour indicateurs et du rapport ... avec la course du piston, par W. Hartmann.

... mécanique appliquée, par le Dr G. Holzmuller.

... frigorifiques du système Humboldt, par G. Nimax.

... à vapeur. — Expériences sur la machine à triple expansion du ...

... de Hanovre. — Entraînement des corps solides par l'air. ... de houille.

... de Hesse. — Expériences de tir avec du petit plomb.

... du Rhin inférieur. — Chemin de fer hydraulique glissant de ...

... graphie. — Encyclopédie des chemins de fer, par le Dr V. Röll ...

... — Tramways électriques. — Exposition d'électricité. — ...

N° 3. — 18 Janvier 1890.

... de la compagnie de navigation « Lloyd de ... du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. ...

Des divers systèmes de réducteurs pour indicateurs et du rapport qu'ils donnent avec la course du piston, par W. Hartmann, (*fin*).

Causeries sur la mécanique appliquée, par le Dr G. Holzmuller (*suite*).

Le chemin de fer funiculaire du Burgenstock, par A. Sommerguth.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Projet de législation sur la propriété territoriale.

Groupe de Berlin. — Procédé d'épuration des eaux d'alimentation, de A. L. G. Dohne, à Halle.

Groupe de la Lenne. — Barrages.

Patentes.

Bibliographie. — Guide du constructeur de machines, par Joseph Pechan. — Manuel de sondage, par Th. Tecklenburg.

Correspondance. — Élévation de la pression dans les machines Compound.

Variétés. — Installations électriques à Paris. — Pression du vent. — Expériences sur une chaudière Tenbrinck.

N° 4. — *25 janvier 1890.*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine » par R. Haack et C. Busley (*suite*).

Chemin de fer funiculaire du Burgenstock, par A. Sommerguth (*fin*).

Groupe de Bergues. — Machine dynamos de Haedicke. — Influence de la nature des eaux sur la durée des chaudières. — Appareil de Bainz pour l'extraction de l'or,

Groupe du Rhin inférieur. — Rouleau compresseur à vapeur. — Fabrication du sucre de betterave.

Patentes.

Variétés. — Chaudières à vapeur avec disposition fumivore à l'exposition générale allemande d'appareils pour la prévention de accidents, à Berlin en 1889. — Exposition générale du matériel de guerre et du service des armées, à Cologne en 1890.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AU

1er JANVIER 1890

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1890.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS											
Académie des Sciences (Comptes rendus de l').	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (l').	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de la Fabrique.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album de statique graphique relatif aux chemins de fer, routes nationales, navigation, etc., de la France.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Almanach-Annuaire de l'Électricité	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de l'Observatoire de Nice.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales des Chemins vicinaux.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées et des Garde-mines.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines.	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Travaux publics (les)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce extérieur.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Conservatoire des arts et métiers	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

[illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
[illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Annuaire du Moniteur [illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Annuaire du Ministère des Finances publics	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Annuaire officiel des chemins de fer belges	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association amicale des élèves de l'École Nationale Supérieure des mines	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des Industriels de France pour préserver les ouvriers des accidents du travail	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Bulletin)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Annales)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Bulletin)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Annuaire)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association française pour l'avancement des sciences	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (Statuts)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Association pour prévenir les accidents de fabrique fondée sous les auspices de la Société industrielle de Mulhouse (Compte-rendu)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Astronomie (l')	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Avenir des chemins de fer (l')	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ble le	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bourse Lyonnaise (la)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Bulletin de l'imprimerie et de la librairie	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Institut Égyptien	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Bulletin des sommaires	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Bulletin international de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Bulletin du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau international des poids et mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de commerce de Dunkerque	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de commerce de Paris	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Charbon (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Chronique industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Comité de géographie de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Comité des Forges de France	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Compagnie du chemin de fer du Nord. — Rapport présenté par le Conseil d'administration	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compagnie générale des Omnibus de Paris. Rapport au Conseil d'administration	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compte rendu des opérations des Chemins de fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

Documents statistiques ... le fer ...
Droit industriel (le) . . . .
École nationale des Ponts et Chaussées. Collection de dessins distribués aux élèves. — Légende explicative des planches. . . . .
École spéciale d'architecture. . . . .
Économie sociale (l') . . . .
Économiste français (l') . . . .
Électricien (l'). . . . .
Encyclopédie d'architecture. . . . .
Exportation française (l') (édition C et édition A) . . . .
Fer (le). . . . .
Génie civil (le). . . . .
Industrie française (l') . . . .
Inventions Nouvelles (les) . . . .
Journal d'Agriculture pratique. . . . .
Journal de la Compagnie générale transatlantique . . . .
Journal de la Meunerie . . . .
Journal de l'Éclairage au Gaz. . . . .
Journal des Chambres de commerce (le) . . . .
Journal des Chemins de fer . . . .
Journal des Mines et des Chemins de fer. . . . .
Journal des Travaux Publics . . . .
Journal des Usines à Gaz. . . . .

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Machines-outils (publication industrielle des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Monde de la Science et de l'Industrie (le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie française (le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur général (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur industriel	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Papeterie (la)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Portefeuille économique des Machines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de la Législation des Mines	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Génie militaire	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue financière du Mexique (la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale d'Architecture	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale des Chemins de fer	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]				—							
[illegible]				—			.				
[illegible]	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Revue technique de l'Exposition universelle de 1889	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Revue universelle des Mines	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Semaine des Constructeurs (la)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Semaine financière (la)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Service hydrométrique du bassin de la Seine et du bassin de l'Adour											
Observations sur les cours d'eau et la pluie	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Situation des chemins de fer français	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Société académique de l'Aube	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Société académique d'architecture de Lyon	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Société académique franco-hispano-portugaise	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.
Société belge d'électriciens (Bulletin)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Société d'Agriculture de l'Aube	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Société d'économie politique (Bulletin)	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	.
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Bulletin)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Compte rendu)	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
Société de Géographie commerciale de Bordeaux (Bulletin)	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
Société de Géographie de l'Est	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	.
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Société de Géographie de Marseille	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Société de l'Industrie minérale (Compte rendu)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Société de l'Industrie minérale (Bulletin)	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société de protection des Apprentis	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Société de secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société de Statistique de Paris (Journal de la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des arts, classe d'industrie et de commerce (Genève)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des études coloniales et maritimes	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Sciences industrielles de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société et Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers, fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société française de Minéralogie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société française de Physique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de l'Est	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Mulhouse	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle du Nord de la France	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle de Rouen	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société industrielle de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

[illegible]	.	.	.				.	.	—	.	.
Société amicale des Ingénieurs et des Architectes [illegible]	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.
Société [illegible] des Sciences naturelles	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.
Société technique de l'Industrie du gaz	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Statistique de l'Industrie minérale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Statistique de navigation intérieure	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Sucrerie indigène (la)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Tableau général du mouvement du cabotage	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Tableau général du commerce de la France	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Technologiste (le)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Union des Chambres syndicales lyonnaises. Compte rendu	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Union géographique du Nord de la France	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
Union des Ingénieurs sortis de l'Université catholique de Louvain	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
EN ALLEMAND											
Akademie der Wissenschaften (Wien)	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Berlin)	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dingler's polytechnisches Journal (Stuttgart)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Jahrbücher der K. K. central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Wien)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—
Jahrbücher der K. K. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Niederösterreichischen Gewerbe Vereins (Wien) Wochenschrift	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Osterreichischen Ingénieur-und Architekten-Vereines (Wien) Wochenschrift	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereins (Wien) Zeitschrift	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
EN ANGLAIS											
American Academie of Arts and Sciences (Boston) (Proceedings)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
American Engineer (the) (Chicago)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
American Institute of mining engineers (New-York) (Transactions)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of civil engineers (New-York) (Transactions)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of mechanical engineers (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association of engineering Societies (New-York) (Journal of the)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Board of Commissionners (Boston) (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Boston water Board (Boston) Annual Report	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

[illegible]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
City Engineer's Report . . . Annual Report	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Engineer, the, London	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Engineering, London	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Engineering News, New-York	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Engineering association of New South Wales, the, Sydney, Minutes of Proceedings	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Engineers' club of Philadelphia, Philadelphia, Proceedings	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Engineers' club of Philadelphia, Philadelphia, Record	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Franklin Institute, Philadelphia, Journal of the	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Indiana Society of civil engineers and surveyors, Indianapolis, Proceedings	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Indian Engineer, Calcutta	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Indian Engineering, Calcutta	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Industries, London and Manchester	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Industrial Review, Philadelphia	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Iron, London	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Iron and Steel Institute, London, The Journal of the	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Iron and Coal trades Review, The, London	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Institute of Technology, Hoboken, united states of America, New-York	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Institution of civil Engineers, London, Minutes of Proceedings	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Institution of civil Engineers, London, Private Press	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Institution of civil Engineers of Ireland, Dublin, Transactions	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Institution of Electrical Engineers, London, Journal of the	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Institution of Engineers and shipbuilders in Scotland (Glasgow) (Transactions)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of mechanical Engineers (London) (Proceedings)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Massachussets Institute of Technology (Boston) (Annual Catalogue)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Master-car Builders Association (New-York) Annual Convention	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Midland Institute (Barnsley) (Transactions)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Mining world (the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy department Bureau of navigation office of naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North of England Institute of mining and mechanical Engineers (New-castle-Upon-Tyne) (Transactions)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Publics Works Department government of Bengale (Calcutta) (Revenue Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Railroad Gazette (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Smithsonian Report (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Society of Arts (journal of the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (London) (Transactions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Annapolis) Proceedings	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
United States Coast Geodetic survey Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

[illegible] Mexico	.				.	.	.	.	.		—
[illegible] Boletin de la [illegible] Madrid	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
Comercio interior y exterior Mexico	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
El Ingeniero civil Buenos Aires	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.
El Porvenir de la Industria Barcelona	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Industria e Invenciones Barcelona	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Observatorio Meteorologico Magnetico central de Mexico (Boletin Mensual	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Revista de obras públicas (Madrid)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Revista Minera Metalurgica y de Ingenieria (Madrid)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Revista Technologica-Industrial (Barcelona	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Sociedad cientifica « Antonio Alzate » Mexico Memorias	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
Sociedad Colombiana de Ingenieros Anales de Ingenieria et Organo de la Bogota	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Sociedad Sanchez Oropesa Boletin de la (Orizaba)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Union industrial Argentina Buenos-Aires	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.

EN HOLLANDAIS

Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (La Haye)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.

EN HONGROIS

Heti Ertesitöje a M. Mérnök-és Epitesz Egylet (Budapest)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Magyar Mérnök es Epitész Egylet (Budapest)	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN ITALIEN											
Atti della Reale Accademia dei Lincei (Roma)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Bollettino delle opere moderne straniere (Roma)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Giornale del Genio civil (Roma)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Industria (l') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Memorie della Regia Accademia de Scienze, Lettere e Arts in Modena	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Politecnico (Il) (Milano)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Roma) (Aunali della)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
EN POLONAIS											
Przeglad techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN PORTUGAIS											
Annuario publicado pelo Imperial observatorio do Rio de Janeiro	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

EN RUSSE											
Ingenieur (Kieff)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
Jelo Stroitelnoe dela Imperatorskago Rousskago Technitcheskago Obchtchestva (Saint-Pétersbourg)	.	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.
Zapiski Imperatorskago Rousskago Technitcheskago Obchtchestva (Saint-Pétersbourg)	.	.	.	.	—	.	.	.	.	.	.
EN SUÉDOIS											
Ingeniörs foreningens forhandlingar (Stockholm)	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
Teknisk Tidsskrift (Norke, Kristiania)	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
Teknisk-Tidskrift, *Ny Följd* (Stockolm)	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
EN TSCHÈQUE											
Zprávy spolku architektu a Inzenyru v kralovstvi ceském (Prague)	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1890

N° 2

[illegible] des séances du mois de février 1890 :

1° *Hydraulique agricole et génie rural*, ouvrage de M. Durand Claye, [illegible] par M. E. Trélat (Séance du 7 février, page 159);

2° *[illegible]* de MM. L. Dufresne, L. Yvert et E. Schoubart (Séances des 7 et 21 février, pages 159 et 175);

[illegible] d'argent obtenu par M. Belon (Séance du 7 février, page 159);

[illegible] et nominations (Séances des 7 et 21 février, pages 160 et 1[illegible]);

[illegible] titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séances des 7 et 21 février, pages 160 et 176);

[illegible] de membres du Jury pour le prix Giffard (Séance du 7 février, page 160);

[illegible] professionnel (l') par M. H. Cournot et observations de MM. E. Pécoreau, Ed. Roy, S. Périssé et Ch. Lucas (Séance du 7 février, page 160);

[illegible] de fer [illegible] de M. Ch. Baron; discussion par MM. P. Re[illegible], Ch. Baron et A. Brull (Séance du 7 février, page 16[illegible]);

[illegible] de fer à voie étroite, ouvrage de M. Adolfo de Ibarreta (Séance du 21 février, page 175);

Lettre de remerciements de Mme veuve Hirn (Séance du 21 février, page 175);

11° *Programme adressé* à la Société, par la Société des Ingénieurs de [illegible] (Séance du 21 février, page 176);

12° *Congrès international des accidents du travail* (formation d'un Comité permanent du) (Séance du 21 février, page 176);

13° *Congrès international de sauvetage* (Compte rendu du) (Séance du 21 février, page 176);

14° *Habitations ouvrières en tous pays*, ouvrage remis par M. Cacheux (Séance du 21 février, page 176);

15° *Traités de commerce et leur renouvellement* (les) par M. E. Bert (Séance du 21 février, page 176);

16° *Pont du Forth* (le) par M. L. Coiseau (Séance du 21 février, page 180);

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

31398 — De M. G. Crugnola (M. de la S.). *Le genziane del gran sasso d'Italia.* In-8° de 18 p. Teramo, 1889.

31399 — Du même. *Esposizione provinciale operaia di Teramo dell' anno 1888.* In-8° de 39 p. Teramo, 1888.

31400 — Du même. *Il nuovo cimetero di Alanno.* In-8° de 11 p. avec pl. Torino, 1887.

31401 et 31402 — Du même. *Dei tetti metallici. Applicazione dei metodi grafici allo studio della stabilita delle incavallature.* In-8° de 124 p. avec atlas de 9 pl. Torino, 1877. F. Negro.

31403 — Du même. *Ferrovia economica fra Montesilvano e Penne.* In-8° de 64 p. avec pl. Torino et Napoli, 1888. F. Negro.

31404 — Du même. *Incrociamenti e deviatoi.* In-8° de 44 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31405 — Du même. *Influenza del sistema d'attaco sulla costruzione delle lunghe gallerie a foro cieco.* In-8° de 12 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31406 — Du même. *Il ponte sul Firth of Forth presso Queensferry in Iscozia.* In-8° de 8 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31407 — Du même. *Dei ponti girevoli in generale e di quello recentemente costruito per l'arsenale di Taranto.* In-8° de 219 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1888.

31408 — Du même. *Strada ferrata da Clermont-Ferrand à Tulle, con diramazione per Vendes (Francia).* In-8° de 146 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

31409 — Du même. *Coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso d'acqua principale.* In-8° de 20 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1884.

31410 — Du même. *Delle serre o chiuse nei monti e nelle colline proposte come provvedimento atto a scemare l'altezza delle piene nei fiumi.* In-8° de 50 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

31411 — Du même. *Dei grandi serbatoi proposti come provvedimento per scemare la portata delle piene fluviali.* In-8° de 44 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

[illegible] — Du [illegible]. *L'utilizzazione dei corsi d'acqua nel regno d'Italia.* In-8° de 29 p. et de 47 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1889.

[illegible] Du [illegible]. *La condottura d'acqua di Karachi (Indie orientali).* In-8° de 20 p. avec pl. Torino, Camilla et Bertolero, 1887.

[illegible] — Du [illegible]. *Il serbatoio della Vingeanne in vicinanza di Baissey (Francia).* In-8° de 10 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, [illegible].

[illegible] — Du [illegible]. *La rottura del serbatoio di Sonzier presso Montreux.* In-8° de 24 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1889.

[illegible] — De MM. Marchal et Billard. *L'Economie sociale.* Revue mensuelle, n° 1. Janvier 1890.

[illegible] — De MM. John Wiley and Sons. *A general Formula for the uniform Flow of Water in Rivers and other Channels*, by E. Ganguillet and W. R. Kutter. In-8° de 240 p. avec pl. New-York, John Wiley and Sons, 1889.

[illegible] — De M. S. Maisonneuve (M. de la S.). *La lumière électrique et ses applications.* In-8° de 160 p. avec pl. Paris, E. Bernard et Cie, [illegible].

[illegible] — De M. W. P. Craighill. *Some Observations on the Improvement of several of the Rivers of the Atlantic Coast.* In-8° de 20 p. avec pl. New-York, 1888.

[illegible] — De M. V. Desprez (M. de la S.). *Des applications de l'électricité aux arts et à l'industrie.* Grand in-8° de 323 p. avec pl. Bruxelles, Th. Lesigne, 1859.

[illegible] — De M. F. E. Saward. *The Coal Trade.* In-8° de 110 p. New-York, 1889.

[illegible] — De M. G. Salomon. *La crémation en France.* (1797-1889). In-8° de 30 p. Paris, E. Dentu, 1890.

[illegible] — De l'Observatoire météorologique de Mexico. *Memoria presentada al Congreso de la Union por el Secretario de Estado et del despacho de Fomento de la Republica Mexicana*, por el general Carlos Pacheco. Tome I à V, grand in-4°, et tomo VI, atlas grand in-f°, 1883 à 1885.

[illegible] — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders.* Venlo, n° 1.

[illegible] — Du Victorian Institute of Engineers. *Rules for Electrical Installations.* In-8° de 11 p. Melbourne, Mc Carron, Bird and C°, 1889.

[illegible] — De M. H. Hervegh (M. de la S.). *The Diamond Drill and its Work.* Grand in-8° de 40 p.

[illegible] — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Notice sur les machines et dessins exposés sous le n° 388 à l'Exposition nationale de 1849.* In-8° de 16 p. autog.

[illegible] — Du Même. *Considérations sur le régulateur de Watt.* In-8° de 11 p. Paris, E. Lacroix, 1872.

31435 — De M. M. Lyon (M. de la S.). *Notes sur le Brésil*. In-8° de 71 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1890.

31436 — De M. Th. Cooper. *American Railroad Bridges*. Grand in-8° de 60 p. avec pl. New-York, 1889.

31437 — Du Même. *General Specifications for Iron and Steel Railroad Bridges and Viaducts*. In-8° de 25 p. avec pl. New-York. 1890.

31438 — De M. C. de Laharpe (M. de la S.). *Memoir of the Niagara Falls and International Suspension Bridge*, by J. Rœbling. In-4° avec pl. London, J. Weale, 1856.

31439 — De M. F. Ventre-Bey. *Sauvons l'humus*. In-8° de 8 p. Le Caire, Al.-Mahroussa, 1890.

31440 De M. Ch. Vertongen. *Recherches statistiques sur les ruptures et le travail des câbles d'extraction dans le district de Dortmund*. In-8° de 17 p. Termonde, A. de Caju-Beeckman, 1890.

31441 — De la Société technique de l'industrie du gaz. *Compte rendu du 16e Congrès, tenu les 11, 12, 13 et 14 juin 1889, à Paris*. Grand in-8° de 725 p. avec pl. Paris, Société anonyme des Publications périodiques, 1889.

31442 — De Mme A. Durand-Claye. *Hydraulique agricole et génie rural*. Grand in-8° de 463 p., tome Ier. Leçons professées à l'École des Ponts et Chaussées, par A. Durand-Claye, et rédigées par F. Launay. Paris, O. Doin, 1890.

31443 — Du Ministère des Travaux publics. *Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année 1888*. Grand in-8° de 65 p. Versailles, E. Aubert, 1889.

31444 — Du même. *Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année 1888*. Atlas de 7 f. Versailles, E. Aubert, 1889.

31445 — Du même. *Résumé des observations centralisées pendant l'année 1887 par le service hydrométrique du bassin de l'Adour*. Grand in-8° de 34 p. Pau, Garet, 1889.

31446 — Du même. *Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1887*. Atlas de 4 f. Paris, Regnier, 1889.

31447 — De M. F. Loisel (M. de la S.). *Annuaire spécial des Chemins de fer belges, années 1885-1886, tome XIII*. Grand in-8° de 386 p. Bruxelles, E. Bruylant, 1888.

31448 — Du même. *Description du perforateur de précision de M. F. Loisel*. In-8° de 4 p. avec pl. Paris, A. Bourdier, 1864.

31449 — De M. R. Hutton (M. de la S.). *Transactions of the american*

Society of Mechanical Engineers, vol. X, 1889. Grand in-8° de 914 p. avec pl. New-York, 1889.

— De la Asociación nacional de Ingenieros industriales de Madrid. *Exposiciones que con motivo del Real decreto de 3 enero de 1890 que propone la creación de la nueva escuela y especialidad de Ingeniero Electricista de Ultramar.* In-8° de 29 p. Madrid, G. Estrada, 1890.

— De la misma. *Memoria leída por D. José de San-Martin y Falcón en la Junta general celebrada por la misma el 31 de enero de 1890.* In 8° de 18 p. Madrid, G. Estrada, 1890.

— De M. A. Brull (M. de la S.). *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, par J. Rondelet; supplément, par G.-A. Blouet.* Atlas grand in-f° de 105 pl. Paris, Firmin-Didot.

— De M. A. Witz. *Théorie des machines thermiques.* In-4° de 10 p. Paris, O. Doin, 1890.

— De M. J. Digeon. *Construction spéciale de modèles d'enseignement, machines nouvelles, mécanique de précision.* Catalogue-album de 40 p. avec pl. Paris, Paradis, 1889.

— De M. P. Duvillard (Ville de Paris). *Prise d'eau dans le lac de Genève. Projet.* In-4° de 18 p. avec pl. Creusot, G. Martet, 1890.

— De M. D. Colladon (M. de la S.). Réfutation péremptoire d'une brochure intitulée : *Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé, par M. Dufresne Sommeiller* par onze anciens élèves de l'École centrale. In-4° aut. de 8 p. Picard, Genève.

— De M. le Président du Congrès international des Travaux maritimes. *24 brochures relatives aux questions traitées dans le Congrès international des Travaux maritimes.*

— De M. W. de Nordling (M. de la S.). *Le repos du dimanche et le service des chemins de fer.* In-8° de 16 p. Paris, F. Levé, 1890.

— De M. G. Richard (M. de la S.). *Production mécanique et utilisation du froid artificiel.* In-4° de 73 p. Paris, G. Chamerot, 1890.

— De M. R. Towne. *President's Address, delivered at the New York Meeting, november 19, 1889.* American Society of Mechanical Engineers, vol. XI of the Transactions.

— De M. Barot (M. de la S.). *4 dessins d'appareils et de fabriques de papier.*

— De M. E. Cacheux (M. de la S.). Congrès international de sauvetage. Compte rendu des travaux du congrès. In-8° de 216 p. Paris, Bibliothèque des annales [illegible], 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de février sont :

Comme membres sociétaires : MM.

Ch. Barre,	présenté par MM.	Brüll, Godfernaux et Bobin.
A. Bonnin	—	Périssé, Regnard et Bertrand de Fontviolant.
H. Calamel	—	Périssé, Dollot et Lemaire.
F. Chaudy	—	Contamin, Forest et Bertrand de Fontviolant.
L. Chenut	—	Gottschalk, de Comberousse et Contamin
G. Crugnola	—	Meyer, de Blonay et Mallet.
J. Dubois	—	Degousée, Lippmann et Guérin.
H. Dollfus	—	Blanchod, J. Meyer et Eiffel.
Ch. J. Gouvy	—	Contamin, H. Mathieu et Loustau.
L. Laigneau	—	Canet, Coffinet et Chatard.
J. Leclaire	—	Cerbelaud, Hauet et Blot.
G. Leroux	—	Périssé, Lippmann et Bourdon.
G. Levasseur	—	Polonceau, Feray et Durant.
Ch. Richard	—	Criner, Fayollet et Gassaud.

Comme membres associés : MM.

J. Boettcher	présenté par MM.	Abt, Cacheux et Horstmann.
L. Braun	—	Casalonga, Delaloe et Ducomet.
E. C. Gès	—	Raffard, Le Brun et Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1890

Séance du 7 Février 1890

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. TRÉLAT présente à la Société un ouvrage du regretté M. Durand-Claye, intitulé : *Hydraulique agricole et Génie rural.* Ce livre vient bien [illegible] au moment où toute la France s'occupe du développement de l'agriculture, malheureusement il paraît quand son auteur n'est plus, et [illegible] exemplaire nous est envoyé par Mme Durand-Claye qui a voulu [illegible] témoigner sa reconnaissance à la Société et la remercier de l'accueil [illegible] mari avait toujours reçu au milieu de nous (*Applaudissements*).

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Trélat de sa communication et exprime à Mme veuve Durand-Claye, la reconnaissance de la Société pour le témoignage d'estime et de sympathie qu'elle veut bien lui donner. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès d'un de nos jeunes collègues, M. [illegible] Dufresne, membre de la Société depuis 1888. Il nous était particulièrement sympathique par ses liens de parenté avec la famille des [illegible] dont nous avons eu des représentants estimés parmi nous. (*Approbation.*)

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'à la dernière séance il n'a pu qu'annoncer [illegible] l'un des plus anciens membres de la Société, de M. [illegible], [illegible] à M. Bourdil le soin de retracer la vie si bien remplie [illegible] qui peut être considéré comme le créateur de l'[illegible] en France.

M. BOURDIL retrace en termes chaleureux l'existence de cet homme [illegible] qui est mort à l'âge de quatre-vingt-douze ans, après s'être [illegible] jusqu'au dernier moment à la tête de ses affaires. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bourdil de son éloquente allocution qui sera reproduite in extenso dans le bulletin de janvier 1890.

M. LE PRÉSIDENT adresse les félicitations de la Société à notre collègue, M. Rebun, qui vient de recevoir une médaille d'argent du Ministère de l'Instruction publique pour ses observations météorologiques.

M. C. Zschokke, a été nommé chevalier de la couronne de Prusse.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que plusieurs de nos collègues. dont les noms suivent, ont fait abandon de leurs bons de souscription à l'emprunt de 1889. Ce sont : MM. Ch. Armengaud père, deux bons; N. Boucher, un bon; E. Bouhey, trois bons; J. Chauveau, deux bons; F. Moreaux, neuf bons; A. de Quillacq, un bon; F. Saglio, deux bons, soit un total de vingt nouveaux bons abandonnés.

M. le Président remercie nos généreux collègues au nom de la Société. *(Applaudissements.)*

M. le Président demande à la réunion de nommer les membres du jury chargé de décerner le prix Giffard. Ce prix est d'une grande importance, et le jury doit être formé de collègues ayant une compétence toute spéciale dans les questions des générateurs et machines à vapeur qui ont fait l'objet de la question soumise au concours.

Il est procédé à la présentation des candidats parmi lesquels doivent être choisis les trois membres à désigner par la Société pour compléter le jury.

Le vote a lieu immédiatement, et la commission se trouve par suite composée ainsi :

Le Président de la Société;

Les quatre vice-présidents;

Trois membres désignés par le Comité : MM. Brüll, Mallet, Morandière;

Trois membres désignés par la Société : MM. Richard (Gustave), Liébaut, Chaligny;

Un membre suppléant désigné par la Société : M. Rubin.

L'ordre du jour appelle la communication de M. H. Couriot sur le compte rendu des communications faites par lui et par M. Salomon, au Congrès des Sociétés savantes, sur l'*Enseignement professionnel.*

M. H. Couriot expose qu'en 1887, sous la présidence de M. Brull, le Comité a fait à M. Georges Salomon et à lui l'honneur de les déléguer, pour représenter la Société des Ingénieurs civils à la session annuelle du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, en 1889.

Cela se passait quelques jours après la séance mémorable que tint la Société des Ingénieurs civils, sous la présidence de M. le Ministre des Travaux publics, et quelques-unes des paroles que prononça ce dernier ont inspiré à MM. Salomon et Couriot le choix de la communication qu'ils ont faite au congrès sous le titre : *l'Enseignement professionnel.* choix qui avait été laissé à leur appréciation par le Comité.

M. le Ministre des Travaux publics, en prenant possession du fauteuil de la présidence de la Société, prononçait des paroles dont celle-ci a le droit d'être fière : il disait, en effet, que, dès l'origine de la Société, l'un de ses membres, « M. Rouget de l'Isle, traçait magistralement les lignes » exactes du programme actuel d'enseignement industriel et profes- » sionnel, et que l'on commence, aujourd'hui seulement, dans les ré- » gions officielles, à appliquer les idées que la Société propageait il » y a quarante ans. Vous vouliez, disait M. de Hérédia, dès 1848, — » et c'est là votre honneur, — créer, par le concours libre des initiatives » privées et avec l'appui des hommes les mieux indiqués pour cette

[illegible] de régénération, créer l'*Université industrielle*. C'était [illegible] vous-mêmes à cette institution nouvelle, [illegible] élever et la fortifier en face de l'Université des sciences. [illegible] je ne puis m'empêcher de regretter que vos avis [illegible], nous aurions singulièrement avancé dans la [illegible] industriels. »

[illegible] titres de la Société, aux yeux des pouvoirs publics, [illegible] discussions, si propres à développer les con[illegible] à l'art de l'ingénieur, elle n'a pas oublié que l'ou[illegible] est aussi nécessaire à l'ingénieur que [illegible] à l'ouvrier, et c'est dans cette pensée que ses [illegible] au § 3, qui définit son but, que celui-ci est notam[illegible], par le concours actif de ses membres, l'enseignement [illegible] parmi les ouvriers et les chefs d'industrie ou d'atelier. » [illegible] qu'il a pensé avec M. G. Salomon que la question si [illegible] vulgarisation des connaissances professionnelles meri[illegible] de nouveau, à plus de quarante années de distance, et [illegible], il n'a pas hésité à la porter à la Sorbonne [illegible] de l'enseignement classique au sein d'une as[illegible] partie d'universitaires.

[illegible] qui a été réservé à leurs communications prouve que [illegible] a fait son chemin dans l'opinion publique.

M. [illegible] qu'il ne peut que résumer très succinctement ces com[illegible] d'ailleurs, ont été reproduites *in extenso* dans les Bul[illegible] Bulletin de juin 1889. M. Georges Salomon a [illegible] de l'enseignement industriel, principalement au point [illegible]; M. Couriot, de son côté, a fait l'étude de [illegible] commercial.

[illegible] M. G. Salomon s'est attaché à faire ressortir tout [illegible] pour développer chez l'enfant le goût du travail ma[illegible] l'aptitude professionnelle. Il a fait la cri[illegible] actuel dans l'industrie, *incomplet* par suite du [illegible] de passer ouvrier avant d'avoir acquis une connais[illegible] *insuffisant*, parce que l'ou[illegible] pour [illegible] plus tôt un salaire [illegible] avantageux.

[illegible] la difficulté que rencontrent les écoles d'apprentissage [illegible], ceux-ci désertant [illegible] pour les mêmes raisons, [illegible] a gagner leur vie; il a fait ressortir l'imposs[illegible] hors de proportions avec les résultats [illegible] à ces écoles un développement suffisant pour leur [illegible] tous les apprentis [illegible] à former, si [illegible] apprentissage à l'atelier [illegible], enfin, la tendance [illegible] le but pour lequel [illegible] créées, tendance [illegible] les écoles d'apprentissage s'efforcent de former des [illegible] écoles d'arts et métiers [illegible].

[illegible] M. Salomon, à l'école [illegible] doivent aujour[illegible] faut éveiller les dispositions natives de l'enfant et au [illegible] travail manuel, [illegible] consacrer quelques

heures chaque jour à des travaux faits dans un atelier convenablement outillé et dirigé. Des travaux bien choisis et bien compris, ne formeront pas des ouvriers, mais développeront chez l'enfant l'aptitude professionnelle et la dextérité manuelle; ils le guideront, plus tard, dans le choix d'un état et abrégeront le temps de l'apprentissage industriel, qui pourra être complété à l'atelier et facilité au moyen de bourses accordées aux élèves méritants par l'État, les Communes et les Chambres syndicales. M. Salomon a cité comme un modèle d'une heureuse transformation de ce genre l'école communale de la rue Tournefort, où l'apprentissage se fait dans des conditions particulièrement économiques, intelligentes et profitables pour l'enfant.

Passant à l'analyse de sa communication sur l'enseignement commercial, M. Couriot s'attache à démontrer l'utilité de cet enseignement, aujourd'hui qu'à l'ancien commerce, presque de détail, a succédé un commerce beaucoup plus important et plus étendu. Il prie les membres que la question intéresserait de se reporter à son Mémoire, dans lequel il s'est efforcé de démontrer que le commerce est une science et, à ce titre, est susceptible d'un enseignement méthodique et gradué. Il rappelle les paroles prononcées par M. Gustave Roy, président de la Chambre de commerce de Paris, il y a une dizaine d'années : « Nous avons des » ingénieurs éminents, des industriels habiles, des ouvriers intelligents » et adroits; pour faire connaître leurs produits, pour les écouler sur les » marchés lointains, nous n'avons pas assez de négociants. » Et cependant, la classe marchande, le commerce et l'industrie représentent en France 39 0/0 de la population du pays.

Il existe des facultés ou écoles enseignant tout ce qui touche à l'activité humaine : lettres, sciences, théologie, médecine, droit, agriculture, arts et métiers, arts et manufactures, mines, ponts et chaussées, génie maritime, constructions navales, peinture, sculpture, pharmacie, art vétérinaire, musique, déclamation, guerre, marine, etc. Le commerce seul n'aurait-il pas son enseignement? Combien grands sont cependant les services que les connaissances commerciales peuvent rendre à l'industriel! Celui-ci, avec les exigences ouvrières, n'a rien à gagner sur son prix de revient; s'il apporte quelque progrès mécanique pour abaisser ses frais de main-d'œuvre, grâce à la libéralité de nos écoles, qui vulgarisent les procédés industriels et ouvrent leurs portes à tous, son secret est bientôt connu par tous ses concurrents et même par l'étranger, et s'il n'est pas breveté, chacun pourra obtenir les résultats qu'il aura réalisés. Mais on peut faire un double bénéfice en sachant acheter à bon marché sa matière première et bien vendre le produit fabriqué. Rendre *l'industrie commerçante*, tel est le but à atteindre pour la rendre prospère. C'est ce que fait l'étranger, qui propage sous toutes ses formes l'enseignement commercial; le tableau qui figure dans le Mémoire de M. Couriot (Bulletin de juin) démontre qu'il y a en Allemagne, Autriche, Italie, Russie et États-Unis 1171 écoles de commerce, renfermant une population de 144 996 élèves. La France ne possède que 11 écoles de commerce fréquentées par 1 680 étudiants ou élèves, ce qui n'est rien pour un pays où il entre chaque année 400 000 employés dans les affaires.

[illegible] donne à ses écoles des privilèges, des diplômes officiels en [illegible] attirer la jeunesse; aussi tous les jeunes gens trouvent-ils, en [illegible] des écoles commerciales, des places avantageuses, et nous les [illegible] profiter de l'insuffisance des connaissances préparatoires de nos [illegible] français pour se présenter dans nos maisons de commerce et [illegible] des places importantes, ce qui n'est pas sans présenter de [illegible] dangers.

[illegible] des cours commerciaux du soir, suivis à Paris par 12 000 [illegible], ne montre-t-il pas que les jeunes gens qui les fréquentent [illegible] bien vite l'insuffisance de leurs connaissances prépara[illegible] où ils se trouvent entrer dans les affaires?

Il faut reconnaître qu'il existe une prévention contre l'enseignement [illegible], en général; les parents veulent faire de leurs enfants des [illegible], ils redoutent pour eux les hasards du commerce et de [illegible], auxquels ils doivent cependant souvent la situation qu'ils [illegible], et ils dirigent leurs enfants dans la voie de l'enseignement [illegible] qui ouvre les portes des grandes administrations publiques, [illegible] aux carrières libérales et présente l'appât d'une retraite [illegible]. Aussi combien est grand l'encombrement qui se produit pour [illegible] qui se présentent dans les places dont dispose le gouver[illegible]! Une récente statistique, elle date de deux jours, en dit à ce [illegible] que ne le feraient de longues dissertations. La Direction de [illegible] primaire vient de faire connaître le nombre de candidats [illegible] présentent pour remplir les fonctions d'instituteurs dans le dé[illegible] de la Seine. Pour 43 places vacantes, on trouve 2021 can[illegible] 47 postulants pour une place.

[illegible] femmes, l'encombrement est plus grand encore. Les vacances [illegible] au nombre de 34, il se présente 6 111 postulantes, soit 119 pour une [illegible].

Aussi quelles déceptions, quelles désillusions réserve l'enseignement [illegible] à ceux qui le suivent, alors que l'enseignement professionnel [illegible] être si utilement donné à toute cette jeunesse studieuse, au [illegible] profit du commerce et de l'industrie de la France!

Il faut ajouter que si l'enseignement classique convient merveilleuse[illegible] pour la préparation aux carrières libérales, en revanche, il n'est nul[illegible] propre à donner à l'enfant l'esprit positif si nécessaire dans les [illegible], alors que de bonnes études spéciales lui éviteront bien des mé[illegible], bien des ruines, dues à l'insuffisance des connaissances prépa[illegible] au commerce et à l'industrie.

M. [illegible] n'exposera pas à la Société, tout au long, les pro[illegible] de l'enseignement commercial qu'il a résumés dans son [illegible]; il se contentera de dire que cet enseignement, comme cela a [illegible] nécessaire pour l'enseignement classique, pour l'enseigne[illegible] industriel et pour l'enseignement agricole, doit se subdiviser en [illegible] degrés:

1° L'enseignement primaire commercial, qui forme les employés de [illegible], doit être élémentaire et pratique, pour permettre aux enfants [illegible] rendre des services le jour où ils entreront dans les maisons de com[illegible], seul moyen de trouver une place à la sortie. Il se recrute parmi

les enfants sortant de l'école primaire et les retient deux ans, de treize à quatorze ans.

2° L'enseignement secondaire commercial, destiné à former des patrons ou s'adressant à ceux qui en tiennent lieu dans les maisons de commerce, succède au précédent, mais doit principalement se recruter parmi les enfants qui ont suivi, dans les lycées et collèges, les cours d'enseignement spécial. Cet enseignement doit être à la fois pratique et théorique. Durée, trois ans.

3° L'enseignement supérieur commercial s'adresse à l'élite, prépare au haut commerce, forme des agents consulaires capables, assurant une digne représentation des intérêts commerciaux de la France à l'étranger, pourvoit au recrutement du corps enseignant des écoles de commerce. Durée, deux ans.

M. Couriot dit qu'il convient de ne pas façonner tous les hommes de la même manière en les coulant en quelque sorte, dans un moule unique qu'on pourrait qualifier de moule universitaire, mais qu'il faut au contraire donner à chacun l'enseignement qui lui convient et pour cela diffuser sous toutes ses formes l'enseignement professionnel qui fournira : à l'*Industrie* des ouvriers habiles, des contremaitres instruits, des ingénieurs distingués; au *Commerce*, des employés bien préparés et des chefs bien armés, capables de lutter victorieusement contre la concurrence étrangère.

Il espère que la Société, qui a placé dans ses programmes l'étude de ces questions, accueillera avec bienveillance les communications que M. Salomon et lui ont faites et qu'ils ont consacrées à une matière à laquelle ses fondateurs attachaient avec raison une importance toute particulière.

En terminant, M. Couriot ajoute que l'ingénieur ne peut rester indifférent à l'étude des questions dont il vient d'entretenir la Société; placé comme il est entre les ouvriers et les chefs d'industrie, ou industriel lui-même, il a pour mission de rapprocher ces deux éléments de la production et il n'y a pas de rapprochement plus sérieux que celui qui résultera d'un progrès, d'une amélioration apportés aux conditions du travail et que fera naitre le développement des connaissances professionnelles. Ce rapprochement, dans une certaine mesure, tiendra lieu de l'association, tant rêvée, du capital et du travail, et constituera, sous cette forme, l'association la plus durable et la plus féconde, car elle profitera à l'un et à l'autre, sera basée sur le progrès et donnera à la fois des soldats et des chefs à la grande armée industrielle et commerciale de la France. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que la Société ne peut qu'être reconnaissante à M. Couriot de sa très intéressante communication sur cette question de l'enseignement professionnel si intimement liée à l'avenir et à la prospérité de notre industrie nationale. Plusieurs des progrès désirés par M. Couriot sont réalisés. Dans les Compagnies de chemins de fer, et en particulier au chemin de fer du Nord, on a créé depuis longtemps déjà des écoles d'apprentis à La Chapelle et dans les principaux centres de construction et de réparation du matériel; les mêmes mesures sont prises à sa connaissance par toutes les grandes sociétés métallur-

... de la région. On ne saurait trop encourager, d'ailleurs, ... de l'enseignement professionnel, car, comme l'a dit M. ... on se dirige trop en France vers les carrières administratives, ... par suite, beaucoup trop le commerce et l'agriculture. (Approbation.)

M. ... approuvant aussi les conclusions de M. Courot, appelle ... sur ce fait, que dans nos écoles spéciales on n'étudie que peu ... les questions commerciales et la comptabilité. Un ... faut savoir discuter les chiffres que lui présente un ... car, quoique ingénieur capable, s'il fait des travaux qui ... s'il ne sait pas bien présenter ses comptes, il ne sera ... ingénieur de médiocre qualité.

... la cherté de la main-d'œuvre, M. Polonceau pense, contrairement à ce qu'a dit M. Courot, qu'on peut beaucoup gagner sur ce ... si les patrons veulent bien s'unir dans ce but. Il ... pas y avoir lutte entre le travail et le capital mais, au contraire, ... arriver à combattre utilement la concurrence étrangère. (Approbation.)

M. ... Roy fait l'historique de l'enseignement professionnel. Il rappelle que c'est le duc de La Rochefoucauld Liancourt qui, en 1785, fonda ... école d'arts et métiers. Le gouvernement étendit, par la suite, ... en établissant les écoles d'Angers, d'Aix et de Châlons. ... Centrale ne vint qu'en 1829, et dans cet intervalle, les Écoles ... formèrent des contremaîtres, des chefs d'ateliers, des ... Plus tard, on a eu le tort d'étendre l'enseignement donné ... ce qui a eu pour résultat de les faire sortir de la situation ... avaient été créées; sur ce point, M. Roy est complètement d'accord avec M. Courot, mais il ne croit pas, comme lui, qu'on ... un grand nombre d'écoles professionnelles. On arriverait à ... les trop nombreux élèves de ces écoles la même situation ... instituteurs, et l'on augmenterait ainsi le nombre des déclassés.

... autres pays très avancés au point de vue industriel, l'Angleterre ... n'ont que peu ou point d'écoles de ce genre. M. Roy pense ... vraies écoles professionnelles dont on doive encourager la création ... établies par les grandes compagnies et les grandes sociétés ... mais que le gouvernement n'a pas à s'en mêler. (*Applaudissements.*)

M. ... Perisse dit que cette discussion est d'autant plus intéressante que ... a inscrit à l'article 2 de ses statuts qu'elle doit concourir au ... de l'enseignement professionnel. Il s'élève contre l'enseignement donné par les écoles primaires supérieures qui font ces demi-savants ... des classes dont on se plaint; il voudrait voir ... par des écoles commerciales et industrielles qui donneraient au ... de l'école primaire élémentaire un enseignement pratique formant ... ouvriers, des commerçants, des agriculteurs.

... [illegible], ajoute M. Perisse, on fait de sérieux efforts dans ce ... et le gouvernement a, par décret du 17 mars 1888, institué un ... chargé d'étudier la transformation des écoles pr...

maires supérieures. Sur onze membres que compte cette Commission, dix appartiennent à notre Société; chacun d'eux s'occupe d'une région déterminée et tous sont unanimes à constater qu'on est allé trop loin dans l'enseignement général et qu'il faut développer davantage l'enseignement pratique. En terminant, M. Périssé dit que si quelques-uns d'entre nous voulaient apporter dans cette question le tribut de leurs études, le pays leur serait redevable d'un service rendu. *(Applaudissements.)*

M. Ch. Lucas est d'avis qu'une discussion aussi importante ne saurait être écourtée et qu'il serait très intéressant de la reprendre quand on aura pu lire dans le Bulletin la communication de M. Couriot et les observations auxquelles elle a donné lieu. *(Approbation).*

M. le Président dit que c'est ainsi que nous avons l'habitude de procéder. Nous n'avons cherché aujourd'hui qu'à tirer une conclusion sommaire du rapport de M. Couriot, la question sera reprise dans une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de M. Ch. Barre sur le *chemin de fer glissant.*

M. P. Regnard.—Les renseignements fort intéressants de M. Barre sur son chemin de fer glissant, que tous nous avons vu fonctionner pendant l'Exposition, ont certainement frappé beaucoup d'entre vous. De tous les systèmes proposés pour un chemin de fer métropolitain, il n'en est pas qui paraisse réunir plus de conditions favorables concernant la commodité, l'agrément et, ce qui me touche encore plus, la rapidité. J'ai eu, dans mes voyages, cette bonne fortune, assez rare peut-être, de voir à peu près tout ce qui existe et tout ce qui a été proposé, tant comme voie que comme moyens de traction, en fait de Métropolitains : l'Elevated Railroad de New-York, les affreux souterrains du Métropolitain de Londres, les magnifiques voies sur viaduc de Berlin. J'ai eu l'occasion de voir ou d'étudier la traction par câbles, celle de notre collègue, M. Mékarsky, dont le fonctionnement à Nantes est si remarquable, les moteurs électriques recevant l'électricité par les rails, par des conducteurs spéciaux ou portant leurs accumulateurs, les diverses machines à vapeur avec ou sans foyer, et même les locomotives à soude du système Hœnigmann. Tout cela n'a pu changer ma conviction, car je partage les idées de notre regretté ancien Président, M. Richard, et je ne suis pas, en principe, partisan de l'établissement d'un Métropolitain à Paris.

Mais, s'il doit un jour s'exécuter, je souhaiterais bien vivement, pour ma part, qu'il mît à profit le nouveau progrès que nous ont révelé les expériences faites à l'Esplanade des Invalides, car, s'il est une application où s'imposent ses qualités de légèreté dans le matériel roulant, de douceur et de confort pour les voyageurs, de rapidité étonnante dans la marche, et surtout au démarrage et à l'arrêt, c'est à coup sûr celle-là.

Tout en regrettant donc un peu que l'application s'en prépare d'abord à l'étranger, j'espère qu'elle s'y fera plus vite qu'il ne serait à espérer chez nous, et que les résultats probants se feront jour assez tôt pour que nous en puissions profiter, aussi bien que des perfectionnements qu'il est permis d'espérer de voir apporter à une invention aussi remarquable. *(Approbation).*

Je voudrais pourtant demander à M. Barre quelques renseignements

[illegible] sur certains points que sa communication ne m'a pas [illegible] suffisamment. Ainsi, M. Barre nous a dit qu'il était [illegible] la dépense des patins à la charge qu'ils suppor- [illegible] me paraît des plus importants, et nous serions certaine- [illegible] à notre collègue de nous indiquer les moyens pra- [illegible] ce résultat.

[illegible] au passage dans les courbes, je désirerais savoir quels [illegible] M. Barre compte employer pour atténuer le frottement sur les [illegible] grande résistance qui en résultera, car le devers de la voie [illegible] ne me paraît pas un moyen suffisant. Permettez- [illegible] un petit souvenir personnel. Lorsque je construisis, sous [illegible] ancien Président, M. Molinos, le petit chemin de fer [illegible] Tavaux-Pontséricourt, nous fûmes obligés d'admettre [illegible] 40, 30 et même de 25 m de rayon. Le devers de la voie, [illegible] la vitesse normale, n'était pas moindre, dans ces dernières, [illegible] par mètre.

[illegible] les premiers temps de l'exploitation, on n'abordait jamais [illegible] avec la vitesse normale, et il m'arriva souvent... de dérailler [illegible] de la courbe. Quelque chose d'analogue ne se produira-t-il [illegible] chemin de fer glissant, qui frottera forcément contre le guide [illegible] contre le guide extérieur, si le train ne franchit pas la [illegible] tement à la vitesse pour laquelle le devers aura été calculé?

[illegible] la question de l'alimentation des tenders en eau comprimée me [illegible] mériter une attention particulière; c'est, à mon avis, le point [illegible] système. Je ne suis pas partisan de l'installation d'un moteur [illegible] que [illegible] sur le tender; il me semble préférable de conserver [illegible] homogénéité dans l'emploi de la force hydraulique, soit [illegible] emprunte aux injecteurs cette eau sous pression directement, ce [illegible] bien à désirer au point de vue du rendement, soit mieux, [illegible] demande aux injecteurs un petit supplément dans l'effort de trac- [illegible] à actionner les pompes. Je proposerais, dans ce but, [illegible] poulie roulant sur le rail; cette poulie aurait sa jante [illegible] préférablement peut-être de caoutchouc, et comman- [illegible] pompes par un train d'engrenages approprié; on les pourrait [illegible] à volonté, automatiquement même au besoin.

M. [illegible] Barre, répondant à M. Regnard, s'exprime ainsi :

Messieurs, dans les observations que M. Regnard vient de présenter, [illegible] trois points sur lesquels il demande des renseignements.

[illegible] premier point concerne le réglage automatique de la distribution [illegible] patins, suivant la variation des charges; le second, la [illegible] de passage dans les courbes, et le troisième, l'alimentation [illegible] des tenders.

[illegible] ce qui concerne le premier point, j'ai dit que je ne pouvais donner [illegible] explication incomplète du système, et j'explique pourquoi : c'est [illegible] nouveau, qu'il vient d'être breveté en France, en Bel- [illegible] en Angleterre, et qu'il ne l'est pas encore dans les autres pays. [illegible] pour donner, dans la mesure du possible, satisfaction à [illegible] collègue, M. Regnard, je puis vous faire comprendre le système,

en vous disant, par exemple, que les patins supportent le châssis au moyen de ressorts de suspension, et que ces ressorts, sous des charges variables, laissent monter ou descendre le châssis, qui peut alors commander automatiquement un papillon placé dans l'intérieur du tuyau distribuant l'eau aux patins. Si vous voulez bien me le permettre, je m'arrêterai là dans ma description ; je crois qu'elle est suffisante pour que vous compreniez que, une fois ce papillon réglé pour donner le minimum d'ouverture lorsque le patin n'est pas chargé, et le maximum lorsqu'il est en pleine charge, le patin se réglera lui-même sous les différentes charges qu'il est appelé à supporter.

En ce qui concerne le passage dans les courbes, je n'ai aucune objection à m'étendre davantage sur cette question qui est, du reste, très simple.

M. Regnard a dit avec raison que, dans les chemins de fer à roues, on calcule le dévers pour une vitesse déterminée, et que, la plupart du temps, les mécaniciens n'abordent pas la courbe avec cette vitesse. En effet, les Ingénieurs déterminent ce dévers de façon à détruire la force centrifuge correspondante non seulement à la vitesse maximum réglementaire, mais encore à une vitesse supérieure à celle-là, que le mécanicien peut prendre par imprudence ou inadvertance. Il en résulte que presque tous les trains entrant dans une courbe ont une vitesse inférieure à celle qui correspond au dévers, et que les voyageurs ont une tendance à s'incliner vers leur voisin ; les boudins des roues s'appuient également sur les rails, et, de là, usure des boudins.

Dans le système glissant à propulsion hydraulique de Girard, les faits ne se passent pas de la même façon. Les propulseurs sont à poste fixe sur la voie ; les trains doivent avoir, autant que possible, — bien que ça ne soit pas indispensable. — la même importance et passer régulièrement sur la ligne. Il n'y a, ici, aucun point de comparaison avec le système des chemins de fer à roues, où l'on fait des trains à marchandises et des trains à voyageurs aussi longs que possible pour les faire partir le moins souvent qu'on peut.

Avec le système glissant à propulsion hydraulique, les machines sont fixes, elles travaillent constamment et régulièrement ; par conséquent, il faut utiliser ce travail d'une façon régulière ; il faut que les trains soient petits et se suivent à des intervalles très rapprochés. Supposez, par exemple, des trains partant tous les quarts d'heure, toutes les dix minutes même, vous serez dans les meilleures conditions possibles pour utiliser le travail des machines. Eh bien ! les propulseurs étant placés à des intervalles déterminés, à poste fixe, sur la voie, les trains ayant à peu près la même importance comme longueur et comme poids, ils arrivent presque tous avec la même vitesse à l'origine de la courbe, et si le dévers est bien calculé, on ne devra pas avoir beaucoup plus de frottement qu'en ligne droite. Disons, cependant, qu'il y en aura davantage, parce qu'il y aura une légère différence dans le poids des trains. Les patins viendront alors frotter contre leur guide, mais avec moins d'absorption de travail que dans le frottement des boudins de roues contre les rails. Leur effort de poussée, soit contre les guides intérieurs à la courbe,

[illegible] guides extérieurs, sera très faible, et il n'y a aucun danger [illegible]

[illegible] avoir déraillement, il faudrait que le guide cassât; [illegible] donner une force suffisante pour prévenir tout accident. [illegible] aller plus loin et pousser la sécurité à l'extrême, on pour[illegible] doubles guides dans les courbes, l'un à l'extérieur, l'autre à [illegible] de chaque rail, de sorte que, si l'un venait à manquer, l'autre [illegible] Il n'y a donc aucune crainte de dérailler, même dans [illegible] le système glissant.

M. [illegible] a ensuite parlé, pour alimenter les patins, d'une grande [illegible] placée sur le tender, qui traînerait sur la voie et qui, [illegible] par la marche du train, actionnerait des pompes. [illegible] idée très ingénieuse, pratique même, mais je crois [illegible] serait d'embarquer l'eau en vitesse, et de [illegible] dans des réservoirs placés sous les wagons, avec la [illegible] suffisante pour soulever les patins. J'ai eu l'honneur de vous [illegible] dernière séance, que j'étais à peu près sûr qu'on pouvait [illegible] ayant déjà servi à la propulsion, en la faisant remonter [illegible] paraboliques dans des réservoirs, à une pression de 2 1/2 [illegible] est suffisante pour soulever les patins. La démonstration [illegible] pas encore faite, je ne puis en parler que pour mémoire. [illegible] je puis vous assurer avec certitude, en attendant cette dé[illegible] c'est qu'on peut embarquer directement et sans difficulté [illegible], qui est à 10 *kg* de pression. Il suffit, pour cela, [illegible] passer à travers la turbine sans l'employer à la propulsion, et [illegible] sa vitesse en pression. On l'emmagasinera ainsi à une [illegible] supérieure à celle qui est nécessaire aux patins, [illegible]. Par contre, il y aura une certaine longueur de la [illegible] sera perdue pour la propulsion, mais chaque voiture emma[illegible] eau de glissement pour un parcours de 30 à 40 secondes [illegible] si l'on veut. L'alimentation d'eau des tenders, dont vient [illegible] M. Regnard, ne se fait que dans les chemins à petits parcours [illegible], tels que les chemins de fer de ville.

[illegible] perdre du travail de propulsion, car il faut démarrer [illegible], marcher très vite et s'arrêter très rapidement.

[illegible] rapidité de démarrage, dont je vais dire un mot, est très facile [illegible] par la propulsion hydraulique et à un degré qu'on ne peut [illegible] avec les locomotives, mais à la condition, je le répète, que [illegible] l'eau nécessaire au parcours qui ne dépasse jamais [illegible] 1 *km* à 1 1/2 *km* dans les chemins de fer urbains.

[illegible] si vous le voulez bien, cette question [illegible] les chemins de petit parcours; [illegible] est [illegible] Comparons, par exemple, un train [illegible] la même puissance utile. Je prendrai un train [illegible] quatre voitures de 1re classe. Nos voitures [illegible] à 24 places, pèsent 3500 *kg*. Nous [illegible] 3500 *kg* chacune, soit 14 *t*. Ces quatre voitures [illegible] 96 voyageurs à 70 *kg*. [illegible] parce que, pour les petits parcours,

on ne compte pas de bagages à la main, — cela fait 6 720 *kg*. Nous avons un tender pesant 6 tonnes en charge, soit donc un total de 26 720 *kg*.

Considérons les stations éloignées l'une de l'autre de 880 *m*, par exemple. Il convient de rappeler ici que toutes les stations se trouvent sur un point légèrement culminant, et que les trains profitent de la gravité pour vaincre leur inertie. Sur ce parcours de 880 *m*, le train, actionné par des propulseurs débitant 200 *l* d'eau sous 10 *kg* de pression, pourra prendre une vitesse de 18 *m* au bout de 440 *m* et en 43 secondes. Le travail total nécessaire pour produire ce résultat est de 860 000 *kgm*.

Si nous rapportions ce travail total aux 43 secondes pendant lesquelles il a été dépensé, cela donnerait 267 chevaux. Mais une fois les 18 *m* de vitesse atteints, les 440 *m* restant à parcourir sont franchis par la vitesse acquise qui diminue d'une façon à peine sensible par suite de la faible résistance au glissement, et le train, arrivé à la station, y séjourne 53 secondes.

En réalité, depuis le départ d'une station jusqu'au départ de la station suivante, il s'écoule 2 minutes et c'est sur ces 120 secondes qu'il faut répartir le travail de 860 000 *kgm*; ce qui ne donne plus que 95 chevaux, puisque la machine fixe travaille constamment et enmagasine son travail dans les accumulateurs.

Il y a un autre travail dont il faut également tenir compte : c'est le travail de soulèvement des patins. Ce travail est de 31 chevaux, parce que l'eau est prise à 10 *kg* de pression, et que nous ne l'utilisons qu'à 2 *kg*. Cela fait un total de 126 chevaux.

Si nous comparons maintenant ce travail à celui d'un train roulant de même puissance et devant acquérir la même vitesse dans le même temps, vous allez voir à quelle impossibilité on arrive. Prenons un train roulant composé de quatre voitures de première classe à frein à air comprimé ; ces quatre voitures pèsent 8 100 *kg* chacune, soit en tout 32 400 *kg*. Pour les voyageurs, nous conserverons le même poids que tout à l'heure : c'est-à-dire 6 720 *kg*. Attelons à ce train une machine-tender, pesant en charge 40 *t*. Vous direz que cette force peut paraitre exagérée : — elle est cependant encore trop faible, ainsi que vous allez vous en convaincre. Cela fait un poids total de 79 120 *kg*.

Je décompose ici la résistance au roulement de la façon suivante : 11 *kg* par tonne pour la locomotive et 4 *kg* par tonne pour les wagons, ce qui nous donne une résistance totale au roulement de 596 *kg*.

Pour que ce train roulant, qui pèse 79 *t*, puisse prendre la même vitesse de 18 *m* en 43 secondes, il lui faut une accélération de $\frac{18}{43} = 0,418\ m$, et il faut que cette accélération donnée par la locomotive persiste jusqu'à ce que la vitesse soit bien 18 *m*. Quelle sera la force de traction necessaire pour donner cette accélération ? Les accélérations étant proportionnelles aux forces qui les produisent, elle sera de 3 371 *kg*. Si nous ajoutons à cet effort la résistance au roulement que nous avons déjà déterminée et qui est de 596 *kg*, nous arrivons à un effort de traction total de 3 967 *kg* ; et il faut que cet effort de traction soit exercé par la locomotive à la vitesse de 17 *m* pour obtenir la même accélération totale. On

[illegible] à un travail de 67 439 *kgm*, soit 900 chevaux, que la loco[illegible] [illegible] pas faire.

[illegible] voit qu'il est impossible de donner une accélération aussi [illegible] au train roulant, même de petites dimensions comme celui-ci. [illegible] malgré cela, pour un instant, que la locomotive puisse le [illegible] et voyons quel serait le travail moyen : pendant les 43 se[illegible] d'accélération il est de 35 703 *kgm*; pendant les 24 secondes [illegible] à la vitesse uniforme de 18 *m*, il est de 10 728 *kgm*, ce qui [illegible] un travail moyen, pour tout le parcours, de 350 chevaux ; tandis [illegible] train glissant n'exige que 125 chevaux. Cette différence considé[illegible] au faible poids mort, à la faible résistance du matériel glis[illegible] à la continuité de travail du moteur.

[illegible] peut pousser la comparaison plus loin et l'établir entre des trains [illegible] parcours. Bien qu'il n'en ait pas encore été établi, cette com[illegible] est curieuse :

Dans les grands parcours, l'eau de soulèvement des patins est embar[illegible] par le procédé dont j'ai parlé précédemment ; elle est [illegible] par la conduite maîtresse qui la livre à 10 *kg*.

[illegible] un train de 10 voitures de 1re classe, pesant ensemble [illegible] renfermant 240 voyageurs d'un poids total de 19 200 *kg*, et enfin [illegible] fourgon de 6 *t*, ce qui fait un poids total de 68 200 *kg*. La résis[illegible] au [illegible] sera de 68 *kg*.

[illegible] 22 *m*, et en palier, le travail total sera de 86 chevaux, [illegible] travail de soulèvement, qui est le plus considérable, parce [illegible] qu'on prend l'eau à 10 *kg*. Lorsque nous utiliserons [illegible] à la propulsion, le coût de ce travail disparaîtra. [illegible] roulant, composé des mêmes éléments, c'est-à-dire de 10 voi[illegible] 1re classe contenant 240 voyageurs, d'un fourgon à bagages [illegible] *kg*, d'une locomotive pesant 62 *t* et et d'un tender de 33 *t*, [illegible] un poids total de 184 *t*. La résistance au roulement est de [illegible] à la vitesse de 22 *m*, en palier, le travail est de 296 chevaux. [illegible] présente encore une très grande différence.

[illegible] maintenant ce qui se passe dans les rampes et supposons le [illegible] en gravissant une de 20 *mm*. Nous franchissons les [illegible] au moins avec la même vitesse que celle que nous avons en [illegible] que, si nous avions une diminution de vitesse en montant, [illegible] que les propulseurs sont mal placés et que si le train [illegible] rampe, il ne pourrait plus repartir. Mais si l'on veut ne [illegible] sa vitesse en montant, on laissera de côté un propulseur [illegible] à l'autre. Pour gravir cette rampe de 20 *mm*, à la vitesse de 22 *m*, [illegible] un travail de 171 chevaux pour le train glissant. [illegible] train roulant, il en faudrait 1 316, travail impossible [illegible] locomotive.

[illegible] comparaisons terminées, j'insiste, pour finir, sur les chemins à [illegible] parcours, où il est déjà prouvé [illegible] par l'expérience que le [illegible] le fer glissant offre un démarrage rapide, [illegible] grande vitesse et les arrête rapidement [illegible] sécurité [illegible] le fer de

Girard le type désigné pour les chemins à petit parcours et à grande vitesse, tels que les chemins de fer urbains.

Son matériel est léger, il est économique d'installation en système aérien et économique d'exploitation.

Si l'un de vous, Messieurs, avait d'autres observations à présenter, je lui serais obligé de vouloir bien me les adresser. *(Applaudissements.*,

M. A. Brüll.— Messieurs, je voudrais demander des explications complémentaires à M. Barre sur un point que je vais indiquer.

Avant de le faire, je tiens à dire qu'après avoir examiné les essais de l'Esplanade, j'ai été amené à concevoir les plus grandes espérances sur le chemin de fer glissant de Girard, tel que M. Barre l'a étudié et perfectionné dans plusieurs de ses parties. Parmi les deux éléments qui constituent l'invention, celui qui consiste à supporter les charges sur les voies à l'aide d'une lame d'eau mince m'a particulièrement frappé. J'ai été étonné de la grande facilité de traction, la résistance s'abaissant à 1/2 *kg* environ par tonne en grande vitesse, et de la grande sécurité d'arrêt sur les pentes. Ces deux vertus du système de glissement imaginé par Girard me paraissent précieuses ; je crois qu'on peut y trouver d'importantes applications, comme M. Barre l'a dit, pour les chemins de fer urbains, et aussi pour le transport de poids considérables et indivisibles, comme celui des bateaux par exemple.

Quant à la propulsion hydraulique, je laisserai de côté, quant à présent, cette partie de l'invention.

Restant donc sur le terrain du glissement, je dois dire que les renseignements apportés par M. Barre, à la dernière séance, sur la manière dont varie la consommation d'eau, ne m'ont pas complètement édifié. Cette consommation dépend des conditions dans lesquelles on supporte les wagons sur la voie, c'est-à-dire, de la pression d'eau, de l'étendue de la surface, de la forme de cette surface et de l'importance relative du périmètre par rapport à l'aire.

Dans l'expérience de l'Esplanade, où les voitures avaient vingt-quatre places et étaient légères, les quatre patins avaient 22 *cm* de largeur et 44 *cm* de longueur et dépensaient 1 *l* d'eau par seconde, soit environ 3 1/2 m^3 à l'heure; chaque voiture consommait donc par heure 14 m^3 d'eau à 3 *kg* de pression par cm^2. On voit bien combien la question a d'importance.

M. Barre a parlé de deux expériences faites à Senlis et il s'est livré sur leurs résultats à des calculs dans lesquels il paraît avoir posé comme hypothèse que le soulèvement du patin sur la voie serait une constante évaluée à 3/4 de *mm*. Alors, connaissant le soulèvement du patin et l'orifice par lequel l'eau s'écoule, il en a déduit la valeur du coefficient de contraction. On ne sait si cette hauteur de soulèvement se maintiendra constante, malgré la variation de la charge et de la pression, ou, si par exemple, on passe d'un petit patin à forte pression à un patin plus étendu à faible pression ; or, c'est le travail à dépenser qu'il faut s'attacher à réduire au minimum. Peut-être M. Barre voudra-t-il nous renseigner plus tard sur les expériences qu'il ne manquera pas de faire pour déterminer les lois et les coefficients qui régissent ces phénomènes d'écoulement.

[illegible] on trouverait avantage à réduire la pression par unité [illegible] en augmentant la surface portante, il arriverait à diminuer [illegible] de cette surface par rapport à son aire, et, par suite, à sou[illegible] poids avec une moindre dépense de puissance.

[illegible] ordre d'idées, on pourrait supporter la voiture, non plus par [illegible] patins alimentés d'eau à très forte pression, mais par un patin [illegible] ayant la dimension de la voiture elle-même, ou à peu près. [illegible] il suffirait d'une pression de 60 *cm* de hauteur d'eau, par [illegible] était possible, on y trouverait un grand avantage, parce [illegible] de ces rails coûteux en fonte ou en acier laminé, néces[illegible] porter les patins actuels, on pourrait avoir recours à des [illegible] asphalte comprimé, sur lesquelles glisserait le patin uni[illegible] la voiture. Il suffirait d'entretenir cette très faible hau[illegible] on arriverait ainsi à diminuer la consommation de travail. [illegible] points sur lesquels je demanderai à M. Barre des expli[illegible] pour l'avenir, des expériences. (*Applaudissements.*)

M. Barre [illegible] qu'il répondra d'abord à la première observation relative [illegible] du soulèvement des patins : [illegible] fait supporter successivement à un même patin des charges [illegible] l'on a soin de régler son débit au minimum pour chacune [illegible] hauteur de soulèvement est la même dans les différents cas. [illegible]

[illegible] a dit ensuite M. Brull, il y a quelque chose de frappant [illegible] même temps : c'est l'avantage qu'on a, au point de vue de [illegible] kilogrammètres à dépenser, à diminuer la pression en aug[illegible] des patins.

M. B[illegible] a raison en principe, mais, dans l'exposé que j'ai eu l'hon[illegible] faire à la dernière séance, quand je disais qu'il est pré[illegible] la pression sous le patin, au lieu d'augmenter ses [illegible], j'ai indiqué, j'ai sous-entendu qu'on prenait l'eau à 10 *kg* [illegible] dans la conduite, c'est-à-dire qu'on prenait l'eau à une pres[illegible] et plus grande que celle à laquelle on l'utilisait. [illegible] conditions, il y a avantage, non pas à augmenter la sur[illegible], mais à augmenter la pression. Si, au contraire, vous [illegible] l'eau, comme dans l'exemple cité par M. Brull, de dimi[illegible] initiale, il y a certainement avantage à augmenter la [illegible] des patins, mais alors, il faut aller jusqu'à la limite indiquée [illegible] il faut prendre un seul et comme patin glissant, et le faire [illegible] une chaussée d'asphalte, par exemple. C'est très possible. [illegible] à la Jonchère, nous avons fait des essais sur une [illegible] en asphalte, qui était très grossière, — nous l'avions [illegible] la hachette, — et nous y avons fait glisser un patin. Ce pa[illegible] bien comporté.

[illegible] de relier deux biefs de canaux avec un sas glissant, [illegible] avantage à transformer le sas en un seul patin ; [illegible] la pression serait très faible et la dépense moins [illegible] que [illegible] obligé de le transporter sur un grand nombre de patins de [illegible].

Mais, je le répète, il faut aller jusque-là et prendre le sas lui-même

pour un patin, ou bien multiplier le nombre des patins, pour leur donner des dimensions restreintes, n'exigeant pas des rails larges et coûteux.

Cette multiplicité des patins n'offre aucun inconvénient dans l'application ; on peut toujours répartir la charge uniformément entre eux.

Quelle est la disposition à adopter dans ce cas? — La voici : On divise le rectangle du fond du sas en quatre autres par les deux médianes; chacun des rectangles ainsi formés comprend le même nombre de patins, dont les tiges de suspension pénètrent dans des cylindres remplis d'eau où elles remplissent les fonctions de pistons plongeurs. Ces cylindres hydrauliques sont fixés au châssis qu'ils supportent et communiquent entre eux dans le même rectangle, au moyen d'une tuyauterie d'un diamètre déterminé, mais ils sont complètement indépendants de ceux contenus dans les trois autres rectangles.

Cette disposition comprise, admettons qu'il y ait 6, 8 ou 10 files de rails, ou même davantage. Lorsqu'une de ces files viendra à désaffleurer les autres, par suite d'un tassement partiel du sol, les patins qui lui correspondent, en se soulevant, enfonceront leurs tiges de suspension dans les cylindres hydrauliques; l'eau sortira de ces derniers pour pénétrer dans les cylindres voisins dont les tiges de suspension descendront et feront porter les patins sur les rails plus bas.

La charge se trouvera ainsi répartie, d'une façon automatique et parfaite.

Il est donc facile, avec les patins glissants, de porter des charges considérables sur plusieurs files de rails, sans être astreint à un entretien anormal de la voie.

Les rails peuvent également se déverser, sans aucun inconvénient, parce que les tiges de suspension présentent un jeu suffisant pour que le patin puisse osciller et obéir à ces dévers.

Il n'y a donc aucune difficulté pratique à employer un nombre quelconque de patins, mais si l'on veut augmenter leur surface pour diminuer la pression et le nombre de files de rails, il ne faut pas s'arrêter à mi-chemin, parce qu'on arriverait à des rails très larges, d'un poids énorme et dont le prix de revient, tout posés, annihilerait le bénéfice cherché. Il faut ne plus faire qu'un seul et unique patin glissant sur une plate-forme.

Je crois que c'est possible, mais je ne l'ai pas essayé dans des proportions qui puissent me permettre de me prononcer.

J'ai répondu, je crois, aux observations qui m'avaient été faites.

J'accède volontiers à la demande de M. Brüll, de donner à la Société des Ingénieurs civils tous les résultats des expériences que nous pourrons faire, dans les applications du système. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Barre des renseignements très intéressants qu'il vient de donner et desquels on peut conclure que le chemin de fer glissant présente pour les petits parcours des avantages remarquables au point de vue de la légèreté du matériel et de celle de l'ossature métallique destinée à le supporter. Il semble donc parfaitement approprié à de petites lignes de tramways urbaines.

Pour les grands parcours le problème ne semble pas aussi bien élucidé ; on ne sait pas encore, par exemple, comment ce matériel léger se comporterait dans les pentes rapides lorsqu'il faudrait s'arrêter brusquement.

[illegible] M. Barré a résolu, par cette application, un problème [illegible] grand honneur à sa science d'ingénieur et à ses connaissances [illegible]. Nous le prierons de nous communiquer plus tard les résul[tats qu'il] aura obtenus principalement pour les lignes à grand parcours [et à] fortes pentes, pour lesquelles la discussion n'a pu être réelle[ment] abordée puisqu'il n'y a pas encore d'exemples à l'appui de ce qui [illegible]. (Approbation.)

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 21 février 1890.

Présidence de M. V. Contamin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société que, depuis sa dernière [réunion], elle a perdu deux nouveaux collègues. L'un, M. L. Yvert, [appartenait] à cette pléiade de 1848 qui a fondé notre Société. Il s'était [illegible] dans l'étude et la construction des tabliers métalliques et [illegible], vivement intéressé nos réunions par ses com[munications] sur ce sujet et la part qu'il prenait à nos discussions; il [fut l'un] des secrétaires pendant les années 1850 à 1856 et si, dans [ces derniers] temps, il était devenu moins assidu à nos réunions, c'est à [son état] maladif seul qu'il faut en attribuer la cause. La Société s'asso[cie] sincèrement aux regrets que la disparition de cet homme de [bien cause] à sa famille et à ses amis.

[L'autre], M. E. Schoubart, élève de l'École Centrale, était membre de la [Société] depuis 1880, il occupait une position importante dans l'indus[trie des] carrières à plâtre et avait su conquérir l'estime et la sympathie [de ceux] qui se trouvaient en relation avec lui.

M. le Président a, comme compensation, la satisfaction d'annoncer [la nomination] de deux de nos collègues, MM. Fumo et Ladret, au [grade d'of]ficier d'Académie, et il félicite ses deux collègues de la dis[tinction] qui vient de leur être accordée.

M. le Président dépose sur le bureau la liste publiée plus loin des [ouvrages reçus] depuis la dernière réunion et appelle plus spécialement [l'attention] de la Société sur une notice relative aux chemins de fer à [crémaillère], publiée par M. Adolfo de Ibarreta, dont la compétence [dans] ces questions est connue. Notre collègue, M. A. Moreau, nous a pro[mis] d'en faire une traduction et l'objet d'une communication à l'une de [nos] prochaines séances.

M. le Président donne lecture d'une lettre écrite par M[me] veuve Hirn, [pour] remercier la Société et notre collègue, M. Grosseteste, des témoignages

de sympathie qui lui ont été donnés à la mort de son mari, et lui adresse à cette occasion une nouvelle expression des respectueuses condoléances de la Société.

M. LE PRÉSIDENT communique un télégramme envoyé par les membres de la Société des Ingénieurs de Barcelone qui, réunis dans un banquet, adressent leurs meilleurs souvenirs à leurs collègues de Paris; il leur a été répondu par des remerciements.

Il annonce la formation d'un Comité permanent du Congrès international des accidents du travail, Comité qui doit continuer à grouper et à publier les documents de tous les pays relatifs à la question des accidents du travail. Ce Comité, composé de membres français appartenant à tous les groupes industriels, aux grands corps de l'État, aux Chambres et grandes Écoles, puis de membres étrangers des pays les plus divers, doit chercher, sans aucune tendance politique, à fournir aux débats des documents aussi sûrs que nombreux. Plusieurs de nos collègues : MM. de Coëne, Dujardin Beaumetz, Liébaut, font partie de ce Comité qui a pour secrétaire général l'un de nos secrétaires, M. Gruner, auquel les demandes de renseignements et adhésions peuvent être adressées, 6, rue Férou.

M. LE PRÉSIDENT adresse les remerciements de la Société à M. Ed. Simon qui, après avoir témoigné l'intérêt qu'il porte à nos travaux en fondant le prix Michel Alcan, a bien voulu faire abandon des 2 bons qu'il a souscrits pour la réception des Ingénieurs étrangers.

M. CACHEUX remet à M. le Président le compte rendu *in extenso* du neuvième Congrès international de sauvetage et exprime l'espoir que plusieurs collègues de la Société voudront bien prendre part à ses travaux qui doivent traiter un grand nombre de problèmes nouveaux; une réunion du Congrès aura lieu le 8 avril prochain, à Toulon, pour tâcher d'en résoudre un certain nombre.

M. Cacheux remet également son travail relatif au rôle de l'Ingénieur dans la construction pure et la seconde édition de l'ouvrage : *les Habitations ouvrières en tous pays*, qu'il a fait en collaboration avec notre regretté collègue, M. E. Müller, et se met à la disposition des membres de la Société pour répondre aux questions qu'on pourrait lui poser à ce sujet. Ce travail a valu à ses auteurs la médaille d'or décernée par la Société industrielle de Rouen.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cacheux de ses très utiles et intéressantes communications, qui seront mises à l'ordre du jour d'une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la communication de M. E. Bert sur les *traités de commerce et leur renouvellement*.

M. LE PRÉSIDENT désire, avant de donner la parole à M. Bert, appeler l'attention de la réunion sur l'importance du sujet qui va être exposé par notre collègue et qui rentre tout à fait dans les questions que la Société a pour but de traiter, puisqu'elle doit, en vertu de l'article 1 de ses statuts, « *poursuivre par l'étude des questions d'économie industrielle,* » *d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des*

[illegible] *et des richesses du pays* » et qu'il n'est pas de question intéres- [illegible] la patrie, en ce moment, que celle du renouvelle- [illegible] de commerce. La Société a le devoir de faire connaître [illegible] économique qui nous sera donné, car elle se [illegible] nombre et l'importance des positions occupées par ses [illegible] représentant le mieux désigné des intérêts de l'indus- [illegible] agriculture, ces deux grandes sources de la fortune publique. [illegible] non seulement les intérêts matériels de ces branches [illegible] humaine, mais aussi ceux de ses innombrables collabora- [illegible] qui en vivent et dont nous devons chercher à faciliter [illegible] par tous les moyens possibles, car c'est en accroissant leur [illegible] que nous les attachons à leur famille, les encourageons à la [illegible] leur faisons aimer de plus en plus la grande et commune patrie qui, seule, peut leur assurer la jouissance de ces biens. [illegible] le devoir de rechercher le meilleur moyen d'accroître [illegible] pays ; car, pour être fort et respecté, il ne suffit pas, [illegible] d'être courageux et généreux, il faut être riche et même [illegible] *(Applaudissements.)*

M. [illegible] Ibert a la parole.

M. [illegible] dit que la question des traités de commerce est celle [illegible] en ce moment, le monde industriel et commercial ; [illegible] paru digne d'occuper l'une des séances de la Société, [illegible] sujet soit un peu étranger à ceux qui font d'ordinaire l'objet [illegible].

[illegible] cette grave question qu'à un point de vue général, heu- [illegible] d'écouter les observations que présenteront des collègues [illegible].

[illegible] quante ans, ajoute-t-il, tout a bien changé, et, de même [illegible] de la nation subissent de continuels perfectionne- [illegible] nos rapports internationaux devraient aussi [illegible] anciennes. La guerre commerciale n'est-elle pas [illegible] que la guerre étrangère ? Les désastres causés par la se- [illegible] se réparent-ils pas plus vite que ceux qu'occasionne la pre- [illegible]

[illegible] d'abord les divers systèmes économiques qui se sont suc- [illegible] depuis un siècle, depuis la loi du 5 novembre 1790 qui [illegible] du tarif général en France ; la législation douanière de [illegible] constituante, le régime de la loi du 15 mars 1791, le [illegible] la loi du 28 avril 1816, la loi du 20 juillet 1819, qui institua [illegible] le système dit « de l'échelle mobile », les lois des 9 et [illegible] 1842, celles des 2 et 5 juillet 1836. Cette dernière régle- mente [illegible] temporaires et forme encore aujourd'hui la base de notre [illegible] sur ce point, qui a donné lieu à de nombreuses réclamations. [illegible] passe en revue les dispositions douanières du règne de Louis- [illegible], pendant lequel le système de la protection était en grande [illegible]

Puis il examine le régime créé par les traités de commerce de 1860 et les récriminations qu'ils soulevèrent.

M. E. Bert parle ensuite du régime actuel et des traités de commerce qui suivirent l'établissement du tarif général des douanes, promulgué le 7 mai 1881.

Il arrive alors à la question de savoir s'il y a lieu de renouveler les traités actuels, mais avant de l'examiner il indique quels ont été les résultats des traités de commerce de 1860 et de 1882.

Il démontre qu'il ne faut pas attribuer, aux traités de commerce de 1860, le développement incontestable et incontesté de notre richesse depuis cette époque.

Il indique quel a été le mouvement de notre commerce international de 1827 à 1889, et il prouve que la prospérité de la France a été sans cesse grandissante tant que la balance du commerce nous a été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numéraire de l'étranger au lieu de lui en envoyer; mais depuis que la balance du commerce nous est devenue défavorable, c'est-à-dire depuis que la France est devenue débitrice des nations étrangères, en raison des importations qui ont prédominé sur les exportations, nous avons vu une crise épouvantable s'abattre sur notre industrie manufacturière et agricole, d'une intensité variable; elle a été la plus forte les années où l'excès des importations sur les exportations a été le plus grand.

Il réfute ensuite cette idée erronée de certains économistes qui prétendent que plus le commerce que l'on fait avec l'étranger est lucratif, plus la somme des importations doit excéder celle des exportations.

Tout le monde sait, ajoute-t-il, que les années 1862 à 1867 et 1872 à 1876 ont été marquées chez nous par une grande prospérité et ce sont précisément celles où nos exportations surpassent nos importations. La crise qui sévit sur notre pays a pris naissance en 1876, précisément au moment où nos importations ont commencé à surpasser nos exportations; elle a atteint son maximum d'intensité en 1880, l'année où l'excès des importations sur nos exportations a aussi atteint son maximum; enfin, elle diminue sensiblement depuis cette époque et nous voyons en même temps diminuer l'excédent des importations sur les exportations.

Les constatations qui se dégagent de l'examen du tableau de notre commerce international sont d'autant plus irréfutables qu'elles sont corroborées par l'examen des faits. Il est incontestable, en effet, que jusqu'à il y a une quinzaine d'années, de grandes fortunes ont été réalisées dans l'industrie. Les bénéfices permettaient d'apporter sans cesse des perfectionnements à l'outillage et d'améliorer le sort des ouvriers. En est-il de même aujourd'hui? Personne n'oserait le soutenir. Avec beaucoup d'efforts et d'économies, on arrive avec peine à équilibrer les recettes et les dépenses. Aujourd'hui, l'industrie ne donnant plus aux capitaux une rémunération suffisante, ceux-ci s'en éloignent et de même les personnes. N'est-ce pas là le motif qui fait que tant d'individus recherchent des places de fonctionnaires ou d'employés plutôt que de se livrer à l'industrie? N'est-ce pas là aussi la cause qui explique le nombre trop grand d'usines qui ont disparu et disparaissent encore chaque jour?

... bert réfute ensuite les principaux arguments que l'on fait ... faveur des traités de commerce.

... dit-on, la fixité du tarif et les réductions de droits obtenues par ces négociations. — Cette stabilité est purement illusoire. En ... vertu de la clause dite « clause de la nation la plus favorisée » ... profiter chaque État contractant des concessions accordées ou à ... autres pays, les concessions faites par la France sont ... augmentées, sans aucun avantage réciproque pour nous. ... exemple le droit sur les vins qui était de 4,50 f par hectolitre, ... tarif général de 1881, a été successivement abaissé à 3 f par ... avec l'Italie, puis à 2 f par le traité avec l'Espagne. Toutes les ... qui ont des conventions avec nous profitent de ces réductions ...

... après l'argument qui consiste à dire qu'il faut rechercher ... intérêt du consommateur. Le consommateur et le producteur ... pas qu'un? Il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne produisent. ... que respect que l'on ait pour ceux qui vivent de revenus ... il est incontestable que leur sort est moins intéressant que ... personnes qui font sortir du sol ou des usines les richesses et ... qui servent à l'usage de tous.

... sommes volontiers protectionnistes pour l'industrie que nous ... et libre-échangistes pour celle des autres.

... prétendent aussi que chaque nation doit se consacrer ... aux industries et aux productions pour lesquelles elle a le ... pareille théorie ne supporte pas l'examen, car nous ... aujourd'hui des produits pour lesquels nous étions tributaires ... il y a cinquante ou cent ans.

... bert indique ensuite le grand revirement d'opinion qui se fait à ... actuelle ; le courant devient irrésistible, car les libre-échangistes ... jettent les traités de commerce par-dessus l'eau : les plus ... d'entre eux, Léon Say et Leroy-Beaulieu, reconnaissent qu'ils ... aux espérances.

... conserver notre liberté d'action et ne pas recommencer la ... commise en 1882. Après la conclusion des traités qui ... les mains pendant une période déterminée, un certain ... puissances auxquelles nous avions accordé des concessions se ... de relever les droits de leur tarif général autant qu'elles ... et nos engagements antérieurs nous ont empêchés de ... contre l'invasion des produits étrangers.

... revenir aux vrais principes, au régime de l'indépendance. ... la liberté commerciale ne planera pas sur le monde entier, ... peuples de race, langue, mœurs différentes et dont ... opposés, le libre-échange ne sera qu'une utopie dangereuse ... suivant les temps et les circonstances, la France doit défendre ses ... contre la concurrence étrangère par des tarifs appropriés à ... nos industries ; le tout est de faire de la protection à propos ... juste mesure.

... bert termine en disant que l'abandon des traités de commerce ... à l'heure actuelle et est accepté à peu près unanimement ;

aussi ne semble-t-il y avoir de discussion que sur le choix du régime à adopter pour l'avenir.

La solution la meilleure semble être celle du régime des deux tarifs, l'un *minimum* qui serait réservé aux nations qui nous traitent favorablement, l'autre *maximum* qui serait opposé aux pays qui nous refusent les avantages qu'ils accordent à d'autres États ou dont le régime économique serait trop dur pour nos produits.

Ce système présente beaucoup d'analogie avec la situation actuelle, qui comporte deux tarifs : le tarif conventionnel pour les pays avec lesquels nous avons des traités de commerce, et le tarif général appliqué aux produits des pays avec lesquels nous ne sommes point liés par des conventions. Mais il présente sur le système actuel de très grands avantages, car nous serions absolument maîtres de modifier à tout moment, suivant nos besoins, les droits portés dans l'un et l'autre de ces tarifs, tandis qu'en ce moment nous ne pouvons pas toucher au tarif conventionnel. En outre, le tarif minimum, qui est le plus important, serait établi au grand jour, discuté au parlement, tandis qu'aujourd'hui le tarif conventionnel est établi par des commissaires, réunis autour d'une table verte et cherchant à obtenir les plus grandes concessions, concessions qui ont souvent été faites bénévolement par la France, sans réciprocité : les traités de 1882 surtout en sont la preuve la plus manifeste.

M. Émile Bert ajoute qu'il y aurait encore beaucoup à dire sur cette importante question du régime douanier, mais il a simplement voulu engager la discussion sur ce point en ne parlant que d'une façon générale. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Bert de la communication qu'il vient de faire, de son étude si complète et si approfondie de nos traités de commerce et est heureux de rendre justice aux sentiments de profond patriotisme qui animent ce travail. L'importance du sujet traité est trop grande pour qu'il puisse être discuté après une simple lecture ; le mémoire de M. Bert sera imprimé dans notre plus prochain Bulletin et discuté dans la séance qui suivra cette publication. *(Approbation.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. L. Coiseau, sur *le Pont du Forth.*

M. L. Coiseau rappelle que, dans quelques jours, le gigantesque pont construit sur le golfe du Forth, près d'Édimbourg, va être inauguré officiellement. Ayant eu la bonne fortune de collaborer à sa construction, il a pu voir de très près le travail lui-même et les différents moyens qui ont été mis en œuvre pour son exécution. Il se propose donc de les exposer devant la Société, avec l'espoir de l'intéresser.

Situation géographique. — Le pont est situé à environ 12 *km* à l'ouest d'Édimbourg, dans le prolongement du chemin de fer qui conduit de la capitale au village de South Queensferry, où voyageurs et marchandises sont transportés par des Ferry-Boats sur l'autre rive, où le chemin de fer les reprend à nouveau, pour les transporter vers le nord de l'Écosse.

But du pont. — Le pont a donc pour but de combler cette lacune, et de mettre en communication directe le nord de l'Angleterre et Édimbourg, avec le nord-est de l'Écosse ; le nouveau pont de la Tay, achevé depuis un certain temps, et celui-ci l'étant également, les trains pour-

[illegible] directement vers Dundee, Aberdeen, etc., sans être obligés de [illegible] le Forth, en passant à Stirling, et la Tay, en passant à Perth. [illegible] un raccourcissement d'à peu près 45 *km*.

Compagnies intéressées. — Quoique ce raccourcissement ne soit pas [illegible] le temps étant toujours *money* dans le Royaume-Uni, [illegible] compagnies, le *Great Northern*, le *North Eastern*, le [illegible] *North British Railway*, s'unirent pour faire les frais de [illegible] et formèrent une nouvelle compagnie appelée : *The Forth Bridge Railway Company*.

[illegible] de l'emplacement. — Cette intention étant bien arrêtée, il ne [illegible] à faire dans l'emplacement du pont ; car, à hauteur [illegible] de Leith, le golfe a environ 10 *km*, avec des pro[illegible] puis il se rétrécit, et, à Queensferry, il se resserre [illegible] à peu près que 1600 *m* de largeur, avec cette circonstance [illegible] de Inch Garvie le sépare en deux, en laissant de chaque [illegible] d'à peu près 500 *m*, avec des profondeurs de [illegible]. Au delà de Queensferry, le golfe s'élargit à nou[illegible] ensuite à 35 *km* vers l'ouest, à Stirling.

[illegible] pour le projet. — Après l'achèvement du premier pont sur la [illegible] la construction du pont sur le Forth avait [illegible] Thomas Bouch, le malheureux auteur de celui de la [illegible] de sa construction ; le pont devait être suspendu. [illegible] pont de la Tay, les travaux furent arrêtés, l'ingé[illegible] quelque temps après, et de nouveaux projets furent [illegible] de la Grande-Bretagne.

Conditions à remplir. — Les conditions du programme du concours [illegible] suivantes :

[illegible] un pont rigide pour chemin de fer à deux voies, capable :

[illegible] supporter deux trains, pesant une tonne par pied courant, soit [illegible] par mètre courant, un sur chaque voie et d'une longueur illi[illegible]

2° De supporter, sur chaque voie, un train ayant en tête deux locomo[illegible] avec tender, de chacune 71 *t*, remorquant 60 wagons à charbon [illegible] *t* ;

3° De permettre le passage de trains express marchant à la vitesse de [illegible] à l'heure, environ 100 *km* ;

4° De résister aux plus grandes tempêtes, aussi bien pendant le mon[illegible] après achèvement, en admettant que la pression exercée par [illegible] est de 56 *lbs* par pied carré (environ 273 *kg* par m²), frappant [illegible] parties du pont, et sous n'importe quel angle ;

[illegible] De laisser sous le tablier une hauteur et une largeur telles que [illegible] les plus grands navires à voiles puissent passer faci[illegible], sans aucune manœuvre préalable.

Toutes ces conditions étant remplies, l'acier, qui doit être employé [illegible] construction, ne devra, en aucun cas, travailler à plus de [illegible] par mm².

Projets présentés. — Quatre projets furent présentés et parmi ceux-ci, celui de Sir John Fowler et Benjamin Baker fut accepté. Sir J. Fowler est l'ingénieur bien connu par les travaux de chemins de fer qu'il a fait exécuter aussi bien dans le Royaume-Uni que dans les colonies, et spécialement par les travaux du Métropolitain de Londres. Quant à Benjamin Baker, il est de beaucoup plus jeune : il a contribué pour sa part aux travaux dont je viens de parler, et peut être considéré comme l'auteur du magnifique projet dont vous voyez la forme, les lignes et les dimensions principales sur l'esquisse qui est devant vos yeux.

Modifications au projet primitif. — Des modifications ont été apportées au projet primitif : la plus importante est celle relative aux tubes des piles qui, d'abord, étaient inclinés dans le sens longitudinal et ressemblaient à des bigues haubanées entre elles ; tandis qu'elles ont été placées verticalement dans ce sens, comme l'indique le dessin.

Dimensions principales. — La longueur totale du pont, y compris les viaducs d'approche, et de remblai en remblai, est de un peu plus de un mille et demi (8 098′ ou 2 470 *m*).

Longueur de la partie centrale, d'axe en axe, des piles d'extrémités des viaducs : 5 349′ 6″ ou 1 631,60 *m*.

Portée des deux grandes travées : 521,55 *m*.

Longueur des consoles ou *Cantilevers :* 680′ et 689′ 9″, ou 207,40 *m* et 210,37 *m*.

Longueur des poutres centrales : 350′ ou 106,75 *m*.

Hauteur des piles, au-dessus du niveau de haute mer : 360′ ou 109,80 *m*.

Hauteur entre le dessous du tablier et la haute mer : 150′ ou 45,75 *m*.

L'idée fondamentale qui caractérise la construction est dans la forme adoptée : le principe consiste à élever de grandes piles métalliques (atteignant ici 110 *m* au-dessus de l'eau), qui portent de chaque côté un encorbellement ou console, ce que les Américains qui, paraît-il, l'ont appliqué les premiers, nomment *Cantilever System*.

Sur l'extrémité de ces deux consoles en porte-à-faux, qui sont parfaitement équilibrées, pendant la construction comme après son achèvement, vient reposer une poutre ordinaire de pont, ayant ici une longueur de 350′ (106,75 *m*), avec semelles supérieures paraboliques, qui est supportée librement en ces points, avec toute liberté de dilatation, comme elle reposerait sur des piles ordinaires : le principe revient, en somme, à constituer des piles dont la surface d'appui supérieure soit très étendue, tout en leur assurant la stabilité nécessaire sur leur base d'appui propre, très petite en proportion.

Disposition des piles. — Les trois piles centrales reposent chacune sur quatre piliers en maçonnerie, ayant à leur base (70′) 21,35 *m*, cylindriques sur une hauteur variant avec la profondeur à laquelle elles sont fondées, et se terminant en tronc de cône avec (60′) 18,30 *m* un peu au-dessous de marée basse, et (49′) 14,95 *m* au sommet.

Portée des poutres des viaducs. — Les portées de poutres des viaducs varient de 168′ à 179′, de 51,24 *m* à 54,60 *m*.

Comparaison avec les principaux ponts. — Comme vous le voyez, les

[illegible] de ce pont, et surtout celles des deux travées centrales, sont [illegible], [illegible] laissent de beaucoup en arrière tout ce qui a été [illegible] en effet.

Le pont de Kulemboug a	. . . . .	147,70 m.
— de Saint-Louis a	. . . . .	156 m.
— de Poughkeepsie a	. . . . .	157 m.
— du Douro a	. . . .	160 m.
— de Garabit a	. . . .	165 m.
— de Monongahila a	. . . . .	244 m.

[illegible] fameux pont suspendu de Brooklyn, qui ne peut en aucune être comparé à celui-ci, n'a que 488 m.

[illegible] ne paraissent pas devoir de sitôt être dépassées, et il [illegible] pour concevoir le projet et le mettre à exécution. Aussi [illegible] Baker est-il placé dès maintenant par ses compatriotes à la hauteur [illegible] Brunel et des Stephenson; cet honneur sera certainement ratifié [illegible] étrangers.

[illegible] de construction. — D'une façon générale, toutes les parties métalliques [illegible] travaillant à la compression ont la forme tubulaire, et celles [illegible] traction, de poutres cornières à section rectangulaire.

[illegible] sur les piles. — La base des parties métalliques des piles est [illegible] rigide, composée, dans le sens longitudinal du pont, [illegible] dans le sens transversal, de poutres à section rectangulaire. [illegible] (79,30 m) de longueur, pour la pile centrale; ils ont [illegible] 22 m pour les deux autres. Les poutres transversales ont 120' [illegible]. Il fallait prévoir les effets de la dilatation sur ce [illegible] compte : le mouvement s'opère par glissement de la base [illegible] plaque de fondation, le tronc nord-est de chaque pile [illegible]. Le skewback ou tronc, d'où partent cinq tubes et quatre [illegible] base composée de plaques d'acier formant une épaisseur [illegible] 10 m absolument plane : celle-ci repose, sans interposition [illegible] plaque de fondation, qui est composée de même de [illegible] formant aussi 0,10 m d'épaisseur; cette plaque est reliée [illegible] par quarante-huit boulons solidement ancrés dans [illegible] sur environ 0,60 m, et tout autour, la plaque de fondation est [illegible] épaisseur de plaques d'acier, ce qui constitue un [illegible] on met du pétrole ou des huiles grasses, qui doivent [illegible] de la pile sur sa base. Sur les plaques de fondation [illegible] constituant une des piles, le trou est fixé différemment [illegible], à la pile nord-est, les trous de la plaque ont le même [illegible], à celle sud-est, le trou des boulons est oblong et permet au [illegible] mouvement dans le sens longitudinal; à celle sud-ouest, le trou [illegible] et permet un mouvement dans les deux sens; enfin, [illegible], les trous sont rectangulaires, et permettent un mouvement [illegible] tous les sens.

[illegible]. — La mise en adjudication eut lieu le 21 décembre 1882, [illegible] furent adjugés à Sir Thomas Tancred, M. Arrol et C., pour [illegible] livres sterling 1 600 000, environ 40 000 000 f.

Commencement des travaux. — Les travaux commencèrent dans les premiers mois de l'année 1883. Des ateliers complets, munis des machines-outils les plus perfectionnées pour le travail des métaux, et comprenant, entre autres machines remarquables, une presse hydraulique à quatre cylindres, pouvant développer un effort de 1 000 *t*, pour le cintrage des tôles des tubes. Une usine hydraulique avec accumulateur distribuant la pression à soixante-dix atmosphères dans les ateliers, dans les chantiers et jusqu'à la grande pile sud.

Une usine électrique, faisant fonctionner, en pleine activité, 80 lampes à arc de 3 000 bougies et 500 lampes à incandescence. Les bureaux et logements des Ingénieurs et employés de la Compagnie et des entrepreneurs furent également installés sur ce point; des logements pour les ouvriers, des cantines, des magasins, une église, etc. Ces ateliers furent réunis par une voie de chemin de fer au North British Railway et à l'estacade conduisant aux piles du viaduc et à la grande pile sud, par un plan incliné, par lequel tous les matériaux, arrivant par chemin de fer ou provenant des ateliers, ont été descendus pour être employés ou chargés sur bateaux, pour aller à l'île Garvie et à North Queen'sferry.

A l'île Garvie, des estacades très importantes, une usine hydraulique, une usine électrique furent aussi montées. Il en fut de même à North Queen'sferry; enfin vous aurez une idée de l'importance des installations qui ont été faites et du matériel destiné au travail, quand je vous dirai que tout cela a coûté près de 10 000 000 *f*.

Nature des terrains. — Le terrain qui forme les deux versants et le lit du golfe est composé, du côté de South Queen'sferry, de roches schisteuses qui sont apparentes jusqu'à la sixième pile du viaduc; elles sont recouvertes par une couche de vase d'abord, et plus loin par une couche d'argile, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée par les sondages: ces couches se continuent et forment le lit du premier chenal; puis des roches basaltiques émergent vers le milieu et forment l'île d'Inch Garvie; elles disparaissent à nouveau sous le lit du deuxième chenal, où elles sont recouvertes par la vase et l'argile, et reparaissent sur la rive à North Queen'sferry.

Fondation et maçonneries des piles. — La fondation des piles des viaducs d'approche n'a présenté aucune difficulté du côté de North Queen'sferry; toutes les fondations se trouvent au-dessus du niveau de l'eau, et le sol sur lequel elles ont été construites était formé de roches basaltiques très dures; il a suffi de régler le terrain et de commencer ensuite la maçonnerie, qui est en moellons de basalte et en mortier de ciment: les parements sont en moellons de bossage en granit d'Aberdeen; les angles et encadrements sont en pierre de taille de même provenance. Ces piles furent d'abord élevées de ce côté à environ 40′ (12,20 *m*) au-dessus de l'eau, pour être continuées plus tard comme je le dirai.

Du côté de South Queen'sferry, six des piles ont été fondées à sec sur le rocher; pour les quatre dernières, on a dû avoir recours à des batardeaux, le terrain se trouvant au-dessous de marée basse, et se composant : 1° d'une couche de vase, variant de 2′ à 10′ d'épaisseur, puis d'une couche d'argile très dure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée.

[illegible] batardeaux étaient formés de deux files de pieux battus jointivement [illegible] à vapeur; l'intervalle entre ces deux coffres, qui était d'une [illegible] (1,83 m), fut rempli d'argile; par des épuisements énergiques [illegible] fut mis à sec, nettoyé, et la fondation a été commencée et [illegible] jusqu'au-dessus de marée haute; les parements de ces piles sont [illegible] North Queen'sferry, en granit d'Écosse; la construction [illegible] batardeaux et des piles a duré dix mois; cependant tout a bien marché [illegible] accident ne s'est produit. Toutes ces piles ont été laissées à [illegible] de 30' (9,15 m) environ au-dessus de marée haute, et ont [illegible] jusqu'à 140' (42,70 m), leur hauteur définitive, de la façon [illegible] plus loin.

Piles principales. — Chacune des trois piles principales se compose [illegible] quatre éléments cylindriques en maçonnerie, ayant à la [illegible] diamètre, puis se réduisant à 60', et enfin à 18' au-dessus [illegible], c'est-à-dire au niveau auquel se termine la maçonnerie [illegible] la pile métallique, il n'y a plus que 19' : les parements [illegible] de bossage et en pierres de taille de granit.

Fondations à North Queen'sferry. — Trois des éléments de la pile de North Queen'sferry n'ont présenté rien de remarquable en ce qui touche [illegible], étant du roc et se trouvant au-dessus de l'eau; le [illegible] se trouve en partie à sec et en partie dans l'eau, le point le [illegible] étant à 3 m sous marée basse. On a suivi, pour la construction, [illegible] permettant de voir le fond : on a entouré le caisson d'un batardeau [illegible] de palplanches portant un sabot en fonte entrant dans le [illegible] rendre ce coffrage étanche en coulant autour du ciment, [illegible] sans de grandes difficultés.

Pile de South Queen'sferry. — Les quatre éléments formant la grande [illegible] South Queen'sferry sont fondés sur caissons, les deux du sud à [illegible] 21,60 m et 22,25 m et les deux du nord à (81') (90') 25,00 m [illegible] sous marée haute.

[illegible] du projet décidèrent que ces piles seraient fondées à [illegible] air comprimé. En relation avec l'un des entrepreneurs, sir [illegible] Tancred, je fus invité par celui-ci à me charger de la fondation. [illegible] caissons ont à la base 70' (21,34 m) de diamètre, et 357,35 m² de surface [illegible] sont cylindriques sur une hauteur qui varie de 28' à 43' (8,50 m [illegible] 13,10 m), suivant la profondeur à laquelle ils sont descendus; puis ils [illegible] la forme tronconique sur 24' (7,22 m) de hauteur, avec un diamètre [illegible] 60' (18,29 m), c'est ce qui compose le caisson proprement dit, [illegible] à la maçonnerie. Sur le sommet du tronc de cône qui se [illegible] à environ (1') 0,30 m sous marée basse, un batardeau a été [illegible] avant le fonçage du caisson; à l'abri de ce batardeau, la pile a été [illegible] par le batardeau, qui avait (36') 10,98 m de hauteur, a été [illegible].

[illegible] le matériel de fonçage et les caissons ont été étudiés par les ingénieurs anglais : ils ont des épaisseurs auxquelles nous ne sommes pas [illegible] habitués sur le continent : ces caissons pèsent [illegible] par mètre superficiel. Ils ont été construits sur leur [illegible] sur la rive de South Queen'sferry, puis mis à l'eau par [illegible]

même manière qu'on fait pour les navires; ils ont été ensuite remorqués et amenés dans la position qu'ils devaient occuper. On les a d'abord chargés sur le plafond d'une couche de béton, dont la composition est, comme pour celui employé dans tout le pont, de 1 de ciment, 1 et demi de sable et 5 de pierre cassée ; comme ces caissons sont à double paroi, celle intérieure étant espacée de l'autre de 5′, 6″ (1,65 *m*), on a rempli l'intervalle également avec du béton. Aussitôt que le caisson a touché le fond et qu'il a été suffisamment chargé pour ne plus se relever à marée haute en soufflant dans la chambre de travail, les ouvriers sont descendus par les écluses placées à la partie supérieure au-dessus du niveau de l'eau, dans la chambre de travail, et ont commencé à déblayer le fond, qui se composait premièrement d'une couche de vase peu résistante variant de 4*m* à 6*m* d'épaisseur, puis d'une couche d'argile entièrement résistante, tantôt remplie de rognons de silex, tantôt pure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée, même par des forages poussés jusqu'à (200′) 61 *m*. La vase a été évacuée de la chambre de travail, partie par l'air comprimé qui la refoulait par-dessous le tranchant, partie par des éjecteurs. Quant à l'argile, sa résistance était telle que les ouvriers parvenaient à peine à l'entamer avec des outils spéciaux; aussi des essais de désagrégation à la poudre, à la dynamite, à l'eau, furent-ils faits sans produire aucun résultat; quand il vint à l'idée du chef de service, de se servir de la pression hydraulique, qu'il avait sous la main, pour faire fonctionner une pelle hydraulique, qui fut immédiatement construite par M. Arrol. Cette pelle se composait d'un cylindre en fer dans lequel circulait un piston à l'extrémité de la tige duquel était fixée la bèche.

Pour la faire fonctionner, on prenait appui sur le plafond de la chambre de travail, l'eau introduite poussait le piston et sa bèche, et celle-ci pénétrait dans le sol sur une hauteur de 0,30 *m*. D'observations faites, il résulte que, pour entamer le sol, de cette façon, il fallait un effort de 60 *kg* par centimètre carré. Les morceaux d'argile ainsi détachés étaient chargés dans une benne mesurant 0,750 m^3; celle-ci était enlevée dans l'écluse à déblais par un treuil à vapeur; en haut, les deux portes étaient manœuvrées par des pistons hydrauliques; puis la benne était enlevée de l'écluse par une grue à vapeur placée sur le sommet du batardeau.

Les ouvriers travaillant dans les caissons n'ont pas été incommodés jusqu'au moment où la pression a dépassé 2 atmosphères; à partir de ce moment et successivement au fur et à mesure de l'augmentation de pression, ils sont tous devenus malades, la plupart légèrement et quelques-uns gravement, à ce point que les équipes ont dû être renouvelées trois fois; et cela, malgré les précautions prises, telles que l'éclusage lent pour la sortie, le chauffage des sas, les bains, les heures de travail réduites à trois par poste. La pression a atteint par moments jusqu'à 3 atmosphères, et il était grand temps que cela finisse, car les ouvriers, qui étaient de nationalités française, belge et italienne, n'en pouvaient plus. Le grand malaise que ces ouvriers éprouvaient doit non seulement être attribué à la pression, mais aussi aux gaz dégagés par le terrain, gaz qui, de temps à autre, s'enflammaient, sans cependant produire de détonation.

[illegible] des chambres de travail était fait par des lampes élec-[illegible] à incandescence. Le travail de fondation a régulièrement mar-[illegible] pour le caisson nord-ouest, auquel est arrivé un accident. Ce [illegible] n'était pas encore amarré à sa place définitive et était chargé [illegible] 2000 t. A chaque marée basse, il touchait le fond; à une [illegible] marée, il est resté collé à la vase; la marée en montant est [illegible] par dessus la partie supérieure et l'a rempli; à marée descen-[illegible] un contremaître, ni ouvrier ne se trouvant là, car c'était à la [illegible] est restée dans le caisson, elle l'a chargé considérablement. [illegible], du côté du thalweg du chenal, s'est enfoncé dans la vase et [illegible] s'est tellement incliné, que sa partie supérieure s'est trouvée [illegible] l'eau, même à marée basse. Cet accident aurait pu être évité, si [illegible] fait écouler l'eau de l'intérieur, à la marée descendante. Il [illegible] pour le ramener à sa place et le foncer. A la suite [illegible] infructueux, le moyen suivant a été employé pour son relevage: [illegible] du caisson, on a descendu au niveau du terrain un anneau en [illegible] diamètre supérieur de 0,30 m à celui du caisson; dans cet [illegible], on a placé des planches à rainure et languette tout autour du [illegible], formant ainsi comme un immense tonneau, qui, quand il a été [illegible] intérieurement, a été capable de résister à la pression de [illegible] en épuisant à l'intérieur, le caisson s'est relevé; il a été ramené [illegible] place et foncé sans difficultés. Le relevage de ce caisson a duré [illegible], tandis que la mise en place à profondeur de chacun des autres [illegible] que 3 mois.

Pont d'Inch Garvie. — Des quatre éléments composant la pile d'Inch [illegible], les deux éléments nord ont été fondés pour ainsi dire à sec, le [illegible] se trouvant en partie au-dessus de l'eau à marée basse. Quant aux [illegible] éléments sud, qui sont descendus l'un à 75' (22,87 m), l'autre à [illegible] (23,04 m) sous marée haute, ils ont présenté plus de difficultés : la [illegible] basaltique sur laquelle ils sont fondés était fortement inclinée, [illegible], sur les 70' (21,34 m), d'un côté à l'autre du caisson une diffé-[illegible] de niveau de près de 6 m.

Le projet qui avait été adopté, et qui avait reçu un commencement d'exé-[illegible], consistait à construire des caissons sans fond à double paroi, celle [illegible] laissant un espace destiné à être rempli de béton et d'argile. [illegible] inférieure découpée exactement suivant les sinuosités de la [illegible]. Ces caissons, dont la construction était commencée, devaient être [illegible] à leur place par des flotteurs, puis descendus sur la roche; l'es-[illegible] annulaire devait être rempli de béton; à l'extérieur, on devait cou-[illegible] de béton, et entre ceux-ci et la tôle du caisson, du ciment [illegible], puis épuiser. Ce procédé, qui rappelait celui employé par Brunel [illegible] pont de Saltash, et qui présenta là tant de difficultés, ne semblait [illegible] satisfaire entièrement les Ingénieurs : épuiser sur une hauteur de 22 m environ, pour pouvoir aller entailler le fond, afin de ne pas établir [illegible] sur un plan incliné, semblait extrêmement chanceux. Invité par [illegible] J. Fowler, M. B. Baker et les constructeurs, à donner mon opinion [illegible] projet, je le déconseillai, tout en proposant de construire les deux [illegible] au moyen de caissons et d'air comprimé, en indiquant un

mode d'exécution précis, pour la mise et le maintien en place de ces caissons. Ma proposition fut adoptée, et je pris l'engagement d'exécuter à forfait, dans les huit mois, sous peine d'une forte amende, par jour de retard, et par contre, sous bénéfice d'une prime par jour d'avance, la fondation de ces deux éléments, avec responsabilité entière. Le travail a régulièrement marché, et sa durée a été de six mois pour les deux.

Voici comment on a procédé; on a rempli de sable environ 50 000 sacs, qui, chargés dans des bateaux, ont été amenés et coulés, pendant les étales de marée haute et de marée basse sur le roc, dans les parties les plus basses à l'emplacement du tranchant du caisson; un sol artificiel a été ainsi formé et a été élevé jusqu'à 1 *m* au-dessus du point le plus haut du rocher. Le caisson a été ensuite amené à sa place, puis chargé de béton jusqu'à ce que, à marée haute, et en soufflant dans la chambre de travail, il ne se relève plus, ce qui, à marée basse, donnait sur le tranchant une charge d'environ 2 000 *t;* celui-ci vint d'un côté s'appuyer sur le rocher, et, sur la majeure partie de son pourtour, sur les sacs à travers lesquels il pénétra, jusqu'à ce que ceux-ci vinssent rencontrer la banquette de 1 *m* de largeur placée à mi-hauteur des consoles de la chambre de travail; la surface d'appui devenant considérable. et la charge sur les sacs n'étant plus que de 2 à 3 *kg* par *cm*², le caisson s'est arrêté, et cela tout à fait horizontalement; les ouvriers sont alors descendus dans la chambre, et le déblai de la roche a été exécuté. Comme je l'ai dit, cette roche est de basalte, il a fallu la faire sauter à la mine: les trous ont été percés à l'aide de perforatrices Eclipse mues par l'air comprimé; l'explosif employé a été la tonite, espèce de coton-poudre donnant peu de fumées et de gaz, à ce point que les ouvriers se contentaient de se retirer dans la cheminée d'écluse pendant l'explosion des mines; le feu était mis à celles-ci au moyen de l'électricité, par une dérivation prise sur le courant alimentant les lampes électriques. La roche a été enlevée de façon à former, sur toute la surface des caissons, une surface d'appui tout à fait horizontale; les chambres de travail ont été alors remplies de béton, la partie supérieure des caissons également, et la fondation s'est ainsi trouvée achevée. La partie au-dessus de marée basse a été achevée à l'abri des batardeaux dont j'ai parlé en commençant.

Achèvement des piles des viaducs. — Les poutres de tablier des viaducs ont été montées et entièrement terminées, quand les piles en maçonnerie avaient atteint la hauteur de 40', (12,20 *m*) au-dessus de l'eau; on a terminé alors l'élévation de ces piles progressivement et en élevant à mesure le tablier, jusqu'à la hauteur définitive de 150' (46,25 *m*) : ce levage a été fait au moyen de vérins hydrauliques, par étages de 6' (1,83 *m*). et en prenant chaque fois appui sur la maçonnerie déjà terminée. Ce procédé, qui était très sûr comme exécution, a dû être peu économique, et il aurait sans doute été préférable et plus rapide d'opérer par lançage, pour ces poutres droites, en terminant d'abord les piliers.

Travail à l'atelier. — Tout l'acier employé dans la construction a été usiné à l'atelier spécial installé auprès du chantier. Tous les trous ont été forés; les cornières, plats, tôles ont été coupés à la scie et non cisaillés.

[illegible] des tubes. — Les tôles d'acier, composant les tubes des [illegible] et aussi les membres inférieurs des grandes travées, [illegible] au moyen d'une presse hydraulique de 1000 *t*, [illegible] avec beaucoup de soins, puis chanfreinées à froid sur [illegible] elles avaient une longueur de 16' et une largeur de [illegible] = 1,25 m). Pour le perçage de ces tôles, elles étaient [illegible] de serre-joints sur leur squelette, placé lui-même sur [illegible] en long, une machine spéciale à huit forets mue par la [illegible] roulant sur des rails placés de chaque côté du tube, faisait [illegible] perçage des tôles et membrures assemblées; l'épaisseur de [illegible] variait de 28 à 32 mm.

[illegible] supérieures. — Les tôles et cornières, formant les poutres [illegible] supérieures, étaient d'abord assemblées sur boulons, [illegible] à la fois à travers toutes les épaisseurs à réunir, [illegible] à onze forets qui mettait en œuvre environ 8 000 *kg*, de [illegible]

Montage. — Le montage a été commencé sur les trois piles princi[illegible] temps en 1886. Les membres inférieurs ont été posés [illegible], jusqu'à la hauteur de 7 à 8' au-dessus de la maçonne[illegible] hauteur, une plate-forme, composée des membres supérieurs [illegible] fut établie de la façon suivante : dans chacun des tubes, et [illegible] deux des tôles étaient laissées provisoirement à po[illegible] les poutres en acier venaient les traverser, et former, [illegible] autres placées dans l'autre sens, le cadre de la plate-forme, [illegible] un plancher solide était établi; on vint monter les grues et [illegible] nécessaires au montage. Cette plate-forme était élevée [illegible] presses hydrauliques qui, en plusieurs courses, élevaient la [illegible] de la hauteur d'une tôle. A cette plate-forme étaient sus[illegible] cages de rivetage avec leurs presses hydrauliques, qui pou[illegible] déplacement de la cage, river une hauteur de 16' (4,88 m). [illegible] cette plate-forme fut arrivée au sommet des colonnes, elle fut [illegible] et la pile fut terminée. Le montage des membres infé[illegible] à l'aide de grues placées sur la partie supérieure et sur la [illegible] devant porter la voie. Les grues du sommet étaient hydrauli[illegible] avaient un poids de 50 *t*; elles mettaient les tôles et cor[illegible] les membres inférieurs et supérieurs en place, et servaient à [illegible] cages à river.

[illegible]. — Les croisillons étaient mis en place et rivés de la même [illegible]

Travée centrale. — La travée centrale, après bien des hésitations, a [illegible] de la même manière que les consoles : ses extrémités ont été [illegible] des consoles à la partie supérieure, par des plaques d'a[illegible] sur les semelles des consoles et sur les siennes, ces atta[illegible] capables de supporter entièrement la demi-poutre; à la par[illegible] un bloc d'acier a été placé entre les deux montants, de [illegible] à faire relever légèrement le milieu de la poutre. La réunion des [illegible] parties s'est faite en commençant par les semelles inférieures, en

choisissant le moment de la journée où la température était maximum; la poutre était donc légèrement bombée vers le haut : quand la température a baissé, la contraction des consoles a eu lieu ; les blocs d'acier placés entre les deux extrémités de la poutre et des consoles sont devenus libres, ils ont été retirés, et la poutre est venue, en se redressant, poser librement sur ses appuis définitifs. En même temps, et lorsque les semelles supérieures se sont trouvées dans la position qu'elles devaient occuper définitivement, ce qui a eu lieu à la température la plus basse, la jonction a été faite, les tirants reliant la poutre aux consoles ont été ôtés, et la poutre milieu s'est trouvée définitivement à sa place.

Quantités de matériaux. — Il est entré dans la construction du pont : 80000 *m*³ de béton et maçonneries; 50 000 *t* d'acier environ. La construction, qui avait été adjugée à 40 000 000 *f* en coûtera près de 75 000 000 *f*.

M. Coiseau termine en disant qu'il croit savoir que la Société des Ingénieurs civils a reçu une invitation à aller visiter le pont, il espère que la description qu'il vient de présenter à la Société, engagera un certain nombre de nos collègues à faire le voyage d'Édimbourg, où ils seront toujours sûrs de trouver une hospitalité écossaise.

M. Cacheux demande s'il serait possible d'avoir quelques chiffres à propos des accidents survenus aux ouvriers, tels que proportion pour mille travailleurs des morts ou blessés, des invalides ou impotents, etc... Ces renseignements de nature à permettre d'apprécier les dangers et les risques professionnels du travail sous l'eau ont leur importance au moment où cette question va venir au Sénat.

M. Coiseau répond qu'il lui est difficile de déterminer cette proportion : mais il est certain qu'à partir d'une profondeur de 25 à 30 *m* les hommes souffrent beaucoup et que ceux qui ne sont pas très robustes ne peuvent résister.

M. A. Moreau demande quel a été le coût de l'ouvrage.

M. Coiseau dit que les travaux avaient été adjugés à MM. Tancred Arrod et Cᵒ, qui heureusement ne les avaient pas pris à forfait, pour une somme de 40 millions mais qu'à l'heure actuelle ils en coûtent environ 75, soit une dépense de 30 millions par *km*. Les installations hydrauliques, celles des machines et ateliers entrent dans cette somme pour 10 millions environ.

Il a été employé 80 000 *m*³ de maçonnerie et 50 000 *t* d'acier. Le prix du *kg* d'acier parait être revenu à environ 1 *f*.

Répondant à une demande qui lui est faite, M. Coiseau ajoute que les essais de résistance du pont sont encore en cours d'exécution et qu'il ne connait pas les résultats définitifs, mais les résultats obtenus jusqu'à présent sont conformes aux prévisions (1).

M. le Président remercie, au nom de la Société, M. Coiseau des ren-

(1) Peu après la séance, M. l'ingénieur Baker a bien voulu communiquer à M. Coiseau les résultats suivants des essais :

« La construction tout entière s'est révélée comme très forte et très rigide, et on n'y a » pas constaté plus de vibrations que sur un quai en maçonnerie, *on a rock embankment*.

» Deux trains pesant chacun 1 800 *t*, remorqués chacun par deux locomotives de 72 *t* » l'une, passant à toute vitesse sur le pont, ont produit au milieu de la grande travée » de 1710′ (521 55 *mc*), une flèche maximum de 7″ (0,178 *mm*).

[illegible] si intéressants qu'il vient de donner et qui ont été reçus [illegible] plaisir que l'inauguration de cet ouvrage doit avoir [illegible] quelques jours. Le pont du Forth constitue aujourd'hui la plus [illegible] des constructions métalliques élevées dans le monde entier et [illegible] la réalisation de problèmes qui, au point de vue de la construction, [illegible] font le plus grand honneur à leurs auteurs. Le montage de [illegible] mérite une mention toute spéciale ; la solution adoptée est simple [illegible], elle présentait les garanties de grande sécurité [illegible] dans ce genre de travaux et c'est bien certainement [illegible] a entraîné comme conséquence le type d'ossature adopté. Les [illegible] données par M. Coiseau sur les fondations sont d'autant [illegible] qu'ils s'appliquent à de grandes profondeurs et viennent [illegible] que M. Hersent nous a déjà donnés sur ce même sujet.

M. [illegible] Président est d'avis de ne juger l'ouvrage qu'au point de vue [illegible] et sans faire intervenir la question du prix de revient qui [illegible] procédés de travail employés dans les différents [illegible] qu'il faut prendre dans le perçage, l'ajustage, le [illegible] des pièces composant les ossatures placées au-[illegible] ajoutent toujours aux prix unitaires habituels de ce [illegible] construction un coefficient important et qui peut, dans le cas [illegible] le prix de 1 f qui nous est signalé. Nous ne pou-[illegible] M. Coiseau de la grande part qu'il a prise dans l'éta-[illegible] de l'art de la charpente métallique, [illegible] avoir si bien représenté le génie civil français.

M. [illegible] Président rappelle, à ce sujet, qu'il a été en effet question d'aller [illegible] le pont du Forth l'année dernière ; mais que la saison avancée a [illegible] l'exécution de ce projet à plus tard. Nous espérons pouvoir [illegible] année prochaine.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR

LA LARGEUR DE VOIE A ADOPTER

POUR

LA LIGNE BISKRA-TOUGOURT-OUARGLA

PAR

M. A. FOCK

Dans une conférence, faite le 3 mars 1888 devant l'Association pour l'avancement des sciences, M. G. Rolland a exposé la question du chemin de fer de Biskra à Tougourt et à Ouargla. Avec la grande autorité qui s'attache à son nom pour tout ce qui concerne la colonisation saharienne, l'éminent Ingénieur a fait ressortir les avantages incontestables que procurerait le prolongement de la ligne de pénétration dans le sud de la province de Constantine, tant au point de vue politique et stratégique que sous le rapport commercial et colonial. Mais si les idées émises par M. Rolland doivent être approuvées et soutenues par tous ceux qui ont à cœur le développement de l'Algérie et l'extension de l'influence française dans l'Afrique septentrionale, il y a lieu de préciser sur quelques points le programme d'exécution présenté dans la conférence du 3 mars 1888. Ce programme comporte notamment l'adoption de la voie étroite pour la ligne ferrée au sud de Biskra, condition dont on saisit sans peine la portée considérable, puisqu'aussi bien elle détermine dans ses traits principaux le caractère que doit revêtir, dans la pensée de l'auteur, l'entreprise projetée. Elle mérite donc certainement de faire l'objet d'un examen spécial, d'autant plus qu'il est essentiel de s'expliquer sur ce qu'il faut entendre par voie étroite, et de définir exactement le rôle que celle-ci parait appelée à remplir dans la construction de la ligne d'Ouargla.

Il s'agit tout d'abord de bien poser la question et de formuler avec soin les termes du problème. Le chemin de fer d'Ouargla

[illegible] incontestablement l'amorce du Transsaharien, quelle [illegible] l'époque, malheureusement encore très incer- [illegible] sera poussé plus avant dans le désert. Le type [illegible] le premier s'imposera donc forcément pour le second, [illegible] indique d'une manière très nette sur quel [illegible] convient de se placer en abordant l'étude de la ligne de [illegible] Ce serait une grave erreur que de s'occuper de ce [illegible] d'une entreprise indépendante ; dès le début, il [illegible] compte de l'éventualité de son prolongement ulté- [illegible] dans son ensemble le projet de la traversée du [illegible] à en différer provisoirement l'exécution intégrale. [illegible] côté, il est impossible de méconnaître l'intérêt [illegible] s'attache à l'établissement à bref délai du chemin [illegible] l'Algérie au Soudan central. En présence [illegible] incessante de l'Angleterre, devant l'intervention [illegible] plus accentuée de l'Allemagne et de l'Italie dans les [illegible] continent noir, la France ne saurait persister sans [illegible] dans son attitude expectante et réservée. Maîtresse des [illegible] États barbaresques, du Sénégal et du Gabon-Congo, elle ne [illegible] prix courir le risque de compromettre sa situation [illegible] en Afrique occidentale. Or, le seul moyen de pré- [illegible] résultat aussi désastreux consiste à lancer le rail à tra- [illegible] désert, en vue d'étendre l'influence française sur les vastes [illegible] qui dépendent en quelque sorte des trois grandes [illegible] du littoral.

[illegible] d'une action prompte autant qu'énergique étant [illegible], il en découle, comme première conséquence, la [illegible] d'une exécution immédiate de la ligne de Biskra à Tou- [illegible] Ouargla. Le point principal à élucider est donc celui [illegible] sous le double rapport technique et financier, cette [illegible] entreprise peut se réaliser dès aujourd'hui en adoptant [illegible] conditions d'établissement du Transsaharien, envi- [illegible] dans sa forme définitive. A cet effet, il convient de se [illegible] quelles sont les conditions précitées et de déterminer, [illegible] de l'étude correspondante, la largeur de voie qu'il y [illegible] d'appliquer sur le railway du Soudan central.

[illegible] par son orientation que par son développement, le Trans- [illegible] appartient à la catégorie des chemins de fer transconti- [illegible] Or, s'il paraît rationnel, en principe, de créer pour [illegible] un type spécial, eu égard au rôle tout nouveau qui leur [illegible], on ferait certainement fausse route en s'inspirant pour

cette transformation des dispositions qui donnent aux lignes locales leur physionomie particulière. La différenciation de ce qu'on pourrait appeler le système courant et normal des voies ferrées, doit s'opérer dans un sens diamétralement opposé. C'est ce dont on se convaincra sans peine en jetant un coup d'œil rétrospectif sur l'évolution progressive des railways.

Ayant pris naissance dans l'Europe occidentale, ils n'avaient d'autre but, à l'origine, que de faciliter les communications sur de courtes distances. Mais bientôt la soudure de nombreuses sections isolées amena l'extension des parcours et fit peu à peu apparaître les lignes d'intérêt général reliant directement entre eux les grands centres d'un même pays. C'est pendant cette période de gestation et après bien des tâtonnements, que se constitua le type des chemins de fer tel qu'il a été reproduit depuis d'un bout à l'autre de l'Europe. Ce type s'adaptait forcément, en ce qui regarde les trajets et la vitesse de marche, aux données assez restreintes dont on ne sortait ni en France, ni en Angleterre, ni en Allemagne. Il n'était pas conçu en vue de l'exploitation des lignes internationales qui se formèrent plus tard, à la suite du raccordement des réseaux construits par les différents États continentaux. Et cependant, il fallut bien se contenter, pour l'organisation des nouveaux services directs, des voies ferrées déjà établies, car on ne pouvait songer à entreprendre l'exécution de grandes artères indépendantes qui eussent fait double emploi et seraient revenues à des prix exorbitants. De là est résulté cette situation que du jour où l'essor prodigieux des railways n'a laissé subsister aucun doute sur la nécessité de leur spécialisation, on ne s'est vu à même de réaliser celle-ci d'une manière complète que pour les embranchements d'ordre secondaire qui étaient encore à l'état de projet, tandis que pour les routes transcontinentales, on a dû se borner à améliorer les conditions d'exploitation des chemins existants dans les limites compatibles avec leur tracé en plan et en profil. Les efforts tendant à ce but ont abouti à la création, d'après l'exemple américain, des trains de luxe comme l'Orient-Express et le Sud-Express qui semblent appelés à prendre à bref délai une importance capitale.

En somme, on s'applique, pour rendre commode et rapide la circulation à travers l'Europe, à tirer tout le parti possible des voies de communication dont on dispose, et à en approprier le mode d'emploi aux exigences actuelles qu'on ne prévoyait nullement à l'époque de la construction et qu'on n'a, du reste, songé à

[illegible] q[illegible] 'après s'être rendu compte de la façon pratique dont [illegible] avaient déjà reçu satisfaction dans l'Amérique du Nord. Là, [illegible] le problème des chemins de fer ne tarda pas à se présen[illegible] un tout autre aspect que de ce côté-ci de l'Atlantique. [illegible] des États-Unis de l'Est une fois constitué et une base [illegible] avant été ainsi obtenue, les regards se tournèrent vers le [illegible] qui devint bientôt l'objectif principal visé par les ingé[illegible] américains. Ceux-ci ne reculèrent pas devant l'idée hardie [illegible] Transcontinental dont l'exécution fut résolument mise à [illegible] Mais ils comprirent en même temps que, pour mener à [illegible] une entreprise aussi vaste et pour en assurer le succès [illegible], on devait la concevoir dans l'esprit le plus large, briser [illegible] évidemment trop étroits où l'on était resté enfermé [illegible] par suite de la faiblesse relative des distances, et pro[illegible] la puissance de l'outillage aux espaces immenses à fran[illegible] bien, et les capitaux s'offrant avec empressement, n'y [illegible] pas d'hésitation pour dérouler le long ruban de fer entre [illegible] et San Francisco, en se servant exclusivement de la [illegible] normale. Puis, vint l'organisation donnée à l'exploitation [illegible] impulsion de Pullmann, l'invention des sleeping-cars et, [illegible], la transformation complète des trains en des hôtels [illegible] Grâce à ces innovations successives, les trajets de plu[illegible] milliers de kilomètres s'effectuent aujourd'hui sans grande [illegible], et c'est de l'exemple ainsi donné par l'Amérique du Nord [illegible] s'inspire depuis quelques années en Europe, bien qu'en[illegible] timidement et sur une échelle très restreinte.

[illegible] présence des résultats acquis, surtout dans le nouveau [illegible] il semble incontestable que le type des chemins de fer [illegible]continentaux doit être au moins à voie normale, ne fût-ce [illegible] raison du matériel extrêmement lourd qu'il comporte, et [illegible] serait encore mieux d'un écartement plus considérable [illegible]. Toutefois, l'examen de ce dernier point est absolument [illegible] d'intérêt en ce qui regarde le continent européen, et [illegible] davantage par rapport à l'Amérique septentrionale [illegible] a trois ans à peine, on achevait d'établir le Transcanadien [illegible] largeur de voie égale à celle adoptée pour la première [illegible] du Pacifique. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans l'un [illegible] dans l'autre cas, on n'a abordé la question que sous une [illegible] et même face. Des deux côtés de l'Atlantique, les grandes [illegible] se développent sans exception à l'intérieur de la zone tem[illegible], elles traversent des contrées à population très dense et de[illegible]

terrains soit boisés, soit cultivés, abstraction faite, bien entendu, des passages en pays montagneux. Jamais on n'y a été amené à envisager les conditions d'un long trajet sous un climat chaud et, par surcroît, dans le désert. Or, ce sont ces conditions toutes nouvelles auxquelles il faut savoir répondre pour pénétrer avec une ligne ferrée au cœur de l'Asie ou de l'Afrique. Les réseaux algérien et égyptien, ainsi que celui du Cap, ne fournissent encore aucune donnée à cet égard, puisqu'ils n'effleurent même pas la masse centrale du continent noir. Quant aux chemins de fer des Indes anglaises, ceux-ci, grâce à la situation géographique de la grande colonie britannique, constituent un ensemble de communications nettement isolé et entièrement indépendant, construit sans la moindre préoccupation au sujet du rattachement ultérieur à un transcontinental asiatique. Cette dernière éventualité ne s'est imposée à l'attention des ingénieurs que depuis l'ouverture récente du Sind-Pishin Railway s'avançant sur Candahar et allant ainsi à la rencontre de l'embranchement projeté que le Transcaspien enverra peut-être à bref délai de Donchak, son point le plus méridional, dans la direction de Hérat. Les types admis pour les lignes de l'Hindoustan n'ont donc ici qu'une valeur très relative, d'autant plus que ces lignes desservent en majeure partie des États bien peuplés et des districts riches en cultures.

Il en est tout autrement de l'œuvre audacieuse du général Annenkoff. Pour relier la Caspienne à l'Amou-Daria, l'ingénieur russse dut se frayer un passage à travers les steppes Tourkmènes, franchir sur une étendue de 200 *km* le terrible désert de sable entre Merv et Tchardjani, exécuter dans un pays sans eau la presque totalité des 1 067 *km* de voie qui séparent Ouzoun-Ada du vieil Oxus, affronter enfin des températures extrêmes allant de 40° au-dessus de zéro à 20° au-dessous. Il paraît difficile d'imaginer de pires conditions techniques et climatologiques; néanmoins, le général Annenkoff n'hésita pas à envisager, dès le premier jour, une solution définitive et à étudier son projet en conséquence. Caressant, dès l'origine, l'idée de pousser jusqu'à Samarcande; convaincu de l'avantage de proportionner du premier coup les moyens à employer au but à atteindre; estimant, d'autre part, que sa ligne constituait une entreprise d'assez grande envergure pour être assimilée à un transcontinental, il proposa de la construire immédiatement d'après le type le plus puissant et d'appliquer d'emblée sur tout le parcours la largeur normale russe, soit 1,523 *m*. Il eut la rare fortune d'obtenir gain de cause et de voir

[illegible] à sa disposition toutes les ressources nécessaires. Cette [illegible] gouvernement de Saint-Pétersbourg a été le point de [illegible] de la transformation qui, à la simple voie pour transports [illegible] prévue au début, a substitué une route commerciale de [illegible] importance, s'étendant sur 1 500 *km* et permettant [illegible] avec le Turkestan des communications aussi rapides que [illegible].

[illegible] Transsaharien, tel qu'il a été conçu, ne laisse pas que de [illegible] beaucoup d'analogie avec le Transcaspien. De même que [illegible], il s'agit pour celui-là de traverser le désert; les dif[illegible] et les obstacles rencontrés en Asie centrale surgiront éga[illegible] dans la partie Nord-Ouest de l'Afrique; ici comme là-bas [illegible] à lutter contre un climat peu clément et l'on se trouvera [illegible] par le manque d'eau. Il paraît donc rationnel de tenir [illegible] pour la ligne du Soudan central, de l'expérience acquise [illegible] Russes dans leur marche sur l'Amou-Daria. D'où, en pré[illegible], cette conclusion qu'il faudra nécessairement arriver, [illegible] terme final d'une évolution éventuelle, à l'application de [illegible] large. Et puisque la distance à parcourir dans le Sahara, [illegible] celle de Biskra au lac Tchad, s'élève à environ 2 500 *km*, [illegible] ainsi du double ou du triple la longueur de la route qui [illegible] à Tchardjou, surtout si l'on ne considère que le trajet dans [illegible] du Kara-Koum, il convient même de se demander s'il [illegible] aura pas avantage à prendre pour l'écartement des rails un [illegible] supérieur à 1,45 *m*. Cette question ne saurait être traitée [illegible] quelques pages, mais il importe d'exposer brièvement les [illegible] principaux du problème et de mettre ainsi en lumière les [illegible] essentiels devant influer sur sa solution.

[illegible] motifs pourraient déterminer l'élargissement de la voie [illegible] du type normal, à savoir le désir d'augmenter la vitesse [illegible] trains joint à la nécessité d'accroître les dimensions et par [illegible] le poids du matériel roulant en vue de la circulation dans le [illegible]. Il faut, en effet, envisager la traversée du Sahara comme [illegible] s'agissant d'un voyage en mer, en ce sens que l'on aura à faire [illegible] au milieu de vastes solitudes et à couper d'immenses espa[illegible] absolument dépourvus de ressources. Il est vrai qu'au lieu de [illegible] sur les flots on cheminera sur la terre ferme, mais ce [illegible] sera pas moins le passage d'un océan, océan de sables, de [illegible] et de rochers dont l'Algérie et le Soudan forment les rivages. [illegible] système des communications demande à être organisé en [illegible] conséquence. On devra se mettre en mesure de lancer les convois

à une allure très rapide afin de réduire autant que possible la durée d'un trajet que le climat, les fortes chaleurs tendront à rendre extrêmement pénible. D'autre part, et pour atténuer en même temps ce dernier inconvénient, il sera obligatoire d'étudier l'installation des trains en vue des longues marches sous un soleil de feu et de calculer les approvisionnements à emporter chaque fois de telle façon qu'ils suffisent, en principe, à alimenter la consommation pendant toute la période du voyage. Car, si l'itinéraire comporte des arrêts à des oasis et à des centres d'une certaine importance, arrêts que l'on pourrait, en continuant le parallèle, comparer à des escales, il saute aux yeux que ce n'est qu'aux points extrêmes, assimilés à des ports d'attache, que se trouveront les moyens permettant de constituer les stocks dont on aura besoin.

A passer en revue les facteurs qui forment les variables indépendantes dont la vitesse de circulation est une fonction, on reconnait que si l'on veut porter celle-ci au maximum pratique, aucune considération ne force à se servir pour ceux-là de données incompatibles avec la voie normale. Cette observation s'applique tant aux éléments du tracé en plan et en profil qu'à la résistance des rails et à la puissance de la traction, sous la réserve, par rapport à cette dernière, de s'en tenir à la vapeur comme force motrice. Mais c'est là précisément un point sur lequel il convient de ne pas se prononcer sans un examen approfondi. Se borner dans les pays chauds à suivre exactement les systèmes d'exploitation qui se sont développés en Europe et aux États-Unis, c'est-à-dire dans les climats tempérés, ne laisse pas que de paraître une solution assez peu rationnelle. Néanmoins, on n'a guère fait autre chose jusqu'à ce jour, et même en Asie centrale les Russes n'ont introduit aucune innovation essentielle à cet égard, le remplacement de la houille par le pétrole n'influant en rien sur la nature de l'agent moteur. Or, ne serait-il pas préférable, sinon nécessaire, de changer celui-ci, et ne faudrait-il pas tenter de substituer l'électricité à la vapeur? La question, ainsi posée, semble devoir être tranchée dans le sens de l'affirmative, mais on ne saurait se dissimuler que le succès de cette entreprise entraînera une véritable révolution dans les services de la traction. En effet, la construction des machines locomotives et les installations destinées à assurer leur alimentation subiront forcément un remaniement complet, et comme il y aura lieu, en outre, de protéger les appareils moteurs contre l'action des sables et de la poussière soulevée par les vents du désert, il est permis de se demander si l'on ne se

[illegible] d'augmenter la largeur du châssis des loco-[illegible], ce qui conduirait inévitablement à un accroissement [illegible]dant de l'écartement des rails.

[illegible]ation des wagons et surtout des voitures à voyageurs [illegible] provoquer le même résultat. Les dispositions à [illegible] pour cette dernière catégorie du matériel roulant doivent [illegible] non seulement en vue du climat, mais encore en [illegible] des besoins et des habitudes de ceux qui sont [illegible] à s'en servir. Or, comme le Transsaharien ne traverse que [illegible] arabes et berbères pour aboutir au Soudan, il importe [illegible] aucune mesure pouvant amener les indigènes à [illegible] du nouveau mode de transport qui leur sera offert. [illegible], il faudra accorder aux mœurs et aux coutumes [illegible] toutes les satisfactions compatibles avec le fonction-[illegible] régulier des services du chemin de fer et, chose essentielle, [illegible] à ne blesser en rien les croyances religieuses de l'Islam [illegible] qui s'attache à ce dernier point ne saurait être exagéré, [illegible] pour en avoir compris la portée capitale que le général [illegible] réussit peu à peu à populariser, si l'on peut ainsi dire, [illegible] tribus de l'Asie centrale les voyages sur la voie ferrée. [illegible] aux femmes des wagons spéciaux et entièrement fermés; [illegible] ceux ouverts aux hommes de façon à permettre aux [illegible] de procéder aux ablutions prescrites par le Coran ; disposer [illegible] plusieurs voitures en vue des cérémonies de la prière ; [illegible] installations correspondantes dans les gares fréquentées : [illegible] moyens dont l'application assurera le succès du Trans-[illegible] auprès des peuplades africaines. Mais si l'on entre dans [illegible] d'idées, la construction de voitures très spacieuses s'im-[illegible], dès lors, il semble au moins imprudent d'affirmer [illegible] qu'on ne se trouvera pas emprisonné dans des limites trop [illegible] en maintenant pour les rails l'écartement de 1,45 m. La [illegible] question se présente, d'ailleurs, par rapport aux wagons-[illegible] aux wagons-salons qu'il sera indispensable de faire circuler [illegible] des voyageurs appartenant aux nations civilisées, les [illegible] études pour ces wagons en Europe et aux États-Unis ne [illegible] en aucune manière aux exigences d'un long trajet en [illegible] chaud.

[illegible] développements qui précèdent tendent à faire ressortir que [illegible] loin d'être fixé, à l'heure actuelle, sur les conditions [illegible] définitives du Transsaharien. Il faudra encore de [illegible] études avant de pouvoir se prononcer à l'égard des dis-

positions à adopter en fin de compte ; la seule chose qu'il soit possible d'affirmer dès aujourd'hui, c'est qu'en tout état de cause leur réalisation entraînera des frais considérables et exigera sans aucun doute une centaine de mille francs par kilomètre. Or, d'une part, le temps fait absolument défaut pour se livrer à des recherches de longue haleine avant l'attaque des travaux de la ligne de Biskra à Tougourt et à Ouargla, l'exécution immédiate de celle-ci s'imposant en raison de la phase aiguë dans laquelle vient d'entrer la politique africaine. Et, d'autre part, il est indispensable de réduire à un minimum le coût des travaux, sous peine de les voir ajourner indéfiniment à la suite de l'insuffisance des ressources disponibles. Car il importe de ne pas se le dissimuler, la question financière prime aujourd'hui toutes les autres. On ne trouvera jamais les capitaux nécessaires à l'établissement de la ligne d'Ouargla, ni à plus forte raison du Transsaharien, si l'État ne leur accorde pas la garantie d'intérêt. Mais il ne paraît pas moins certain qu'eu égard à la situation budgétaire, ni le gouvernement ni les Chambres ne consentiront à engager le crédit de l'État s'il doit en résulter une charge annuelle considérable. D'où l'obligation de diminuer à tel point les dépenses de construction et les frais d'exploitation que la garantie ne soit appelée à fonctionner que dans des limites très restreintes et devienne même purement nominale dans un avenir rapproché. Ces considérations ne laissent subsister aucun doute sur le parti à prendre : il faudra commencer par l'exécution, à titre provisoire, d'une ligne franchement économique et à voie très etroite dont le coût kilométrique ne dépasse pas 45 000 *f*.

En effet, voici l'alternative en face de laquelle on se trouve placée : ou bien se contenter, pour la mise en train de l'entreprise, d'un chemin de fer du système Decauville qui, sans remplir tous les *desiderata*, peut répondre aux premiers besoins ; ou bien se résigner à un ajournement renvoyant l'ouverture de la période d'exécution à l'époque indéterminée où les exigences budgétaires n'empêcheront plus de réaliser intégralement, dès le début des travaux, les dispositions définitives résumées ci-dessus. Posée en ces termes, la question ne paraît pas difficile à trancher; en présence des graves dangers auxquels tout nouveau retard exposerait l'avenir des intérêts français en Afrique, il faut sans hésitation se prononcer en faveur de la première solution.

On se trouve ainsi conduit à envisager le projet du Biskra-Tougourt-Ouargla sous un jour absolument nouveau. Il ne s'agit

[illegible] le moment, de savoir quel est, d'une manière absolue, [illegible] système à adopter pour la grande ligne du Sud, mais [illegible], si incomplet soit-il en tant que transcontinental, [illegible] pratiquement la réalisation rapide de l'entreprise. [illegible] il paraît rationnel d'avoir recours à la voie très étroite, [illegible] l'expérience de l'Exposition universelle de 1889, où le [illegible] a brillamment fait ses preuves, vient de mettre en [illegible] la possibilité d'organiser l'exploitation régulière sur un [illegible] de 400 *km* et plus, même en réduisant l'écartement des [illegible] à 0,60 *m*. Devant un pareil résultat, on aurait tort de vouloir [illegible] l'application de la largeur de 1 *m*. Celle-ci, d'ailleurs, [illegible] un chemin de fer du même type que celui à la voie [illegible]. L'admettre, ce serait donc renoncer à toute idée de rem[illegible] ultérieur par une voie plus large et accepter une [illegible] relativement mauvaise sans aucune compensation, la [illegible] à obtenir sur le montant des dépenses ne s'élevant pas [illegible] chiffre assez considérable pour déterminer la suppression des [illegible] financières. Par contre, aux écartements de 0,60 et de [illegible] correspond un type spécial de railways qui se résume en [illegible] Decauville, et ce dernier peut être exécuté de suite à [illegible] kilométrique inférieur à 45 000 *f*. Or, en se basant sur les [illegible] de la première année d'exploitation de la ligne de Batna [illegible] (1), il ne semble pas téméraire d'affirmer qu'au taux [illegible] le Biskra-Tougourt-Ouargla sera bien près de faire ses [illegible] c'est-à-dire ne se heurtera pas à des obstacles financiers. En [illegible] temps, il est évident qu'un tel système ne constitue pas une [illegible] définitive pour une voie ferrée de plus de 200 *km* de [illegible], et que la transformation ultérieure en ligne à voie large [illegible] au fur et à mesure du développement du trafic sur les [illegible] successives.

[illegible] transformation pourra s'effectuer dans des conditions [illegible] faciles, la contrée peu accidentée qu'il s'agit de tra[illegible] permettant d'adopter dès l'origine un tracé dont tous les [illegible] étudiés en vue de l'établissement futur d'un grand [illegible] de fer. L'absence presque complète de terrassements et le [illegible] très restreint des ouvrages d'art rendront très simple et [illegible] le remaniement de la plate-forme, surtout si l'on se [illegible] d'une manière générale des ponts économiques Eiffel. Il n'y [illegible] en définitive que la superstructure et le matériel roulant

(1) [illegible] à 280 *f* de recette kilométrique.

à renouveler, les bâtiments et les constructions nécessaires n'ayant à subir que des modifications de détail. Enfin, il convient de ne pas perdre de vue que le matériel remplacé, s'il se trouve encore en bon état de service, pourra recevoir une nouvelle destination et être affecté à la section du Transsaharien qui sera en cours d'exécution à l'époque où ce matériel deviendra disponible.

En résumé, comme le Biskra-Tougourt-Ouargla sera l'amorce de la ligne du Soudan central, il y a lieu de lui appliquer le type auquel on s'arrêtera pour cette dernière. Or, le chemin de fer du Sahara présentant le caractère d'un transcontinental, il ne pourra comporter dans sa forme définitive qu'une ligne de largeur normale ou bien à écartement supérieur à 1,45 *m*. Mais en attendant que des études ultérieures fournissent les éléments d'une décision à cet égard et que, d'autre part, la situation financière s'améliore suffisamment pour qu'il devienne possible de réaliser les dispositions définitivement adoptées, il faut trouver d'urgence une solution provisoire permettant de pousser sans retard le rail jusqu'à Ouargla et même au delà. En effet, le maintien et l'extension de l'influence française dans l'intérieur de l'Afrique dépendent avant tout de la prompte mise en train de l'entreprise du Transsaharien. En présence de cette situation, le seul parti à prendre consiste à établir d'abord le Biskra-Tougourt-Ouargla dans des conditions franchement économiques. C'est ainsi qu'on se voit conduit à l'application temporaire de la voie très étroite de 0,75 *m*, celle-ci devant être remplacée plus tard par la voie large telle qu'elle sera finalement définie dans le projet des dispositions permanentes à prévoir pour le chemin de fer du Soudan Central.

LES TRAITÉS DE COMMERCE ET LEUR RENOUVELLEMENT

PAR

M. Emile BERT

[illegible] des traités de commerce est celle qui intéresse le [illegible] moment, le monde industriel et commercial. Bien que [illegible] un peu étranger à ceux qui font d'ordinaire l'objet de [illegible], il n'est cependant pas un membre de la Société [illegible] cette grave question soit tout à fait indifférente ; aussi [illegible] permis de venir vous en entretenir quelques instants [illegible] un point de vue général.

[illegible] heureux ensuite d'écouter les observations que pour[illegible] présenter des collègues plus autorisés.

[illegible] ni de libre-échange ni de protection ; j'exami[illegible] si le régime économique actuel est favorable ou [illegible] développement de nos industries et à la prospérité de la [illegible] abstraction des intérêts particuliers, pour ne con[illegible] ce qui est conforme à l'intérêt général.

[illegible] cinquante ans tout a bien changé, et, de même que les [illegible] de la nation subissent de continuels perfectionne[illegible] qui régissent nos rapports internationaux devraient [illegible] progrès sur les anciennes. La guerre commerciale [illegible] pas plus redoutable que la guerre étrangère ? les désas[illegible] par la seconde ne se réparent-ils pas plus vite que [illegible] la première ?

[illegible] par exposer rapidement les divers systèmes [illegible] qui se sont succédé chez nous depuis un siècle.

[illegible] tarif général des douanes de la France ne date que [illegible] novembre 1790, qui a aboli les droits de traite [illegible], puis des lois des 15 mars et 22 août 1791, qui fixèrent [illegible] à percevoir tant à l'entrée qu'à la sortie des marchan[illegible]. Antérieurement, les droits de douane n'étaient pas unifor[illegible] appliqués dans toute l'étendue du pays, les uns étaient

perçus aux frontières du royaume, les autres dans l'intérieur et sur les limites de certaines provinces.

Si l'on considère dans son ensemble la législation douanière établie par l'Assemblée constituante, on remarque que les marchandises importées de l'étranger n'étaient soumises qu'à des taxes modérées. Mais, si le régime à l'entrée des marchandises étrangères était libéral, le régime à la sortie des produits français était des plus restrictifs.

Le but poursuivi par le législateur de cette époque était de réserver exclusivement aux fabriques françaises les produits bruts ou demi-fabriqués nécessaires à l'alimentation de nos industries. Dans l'intérêt des établissements métallurgiques, notamment. tous les minerais ainsi que les combustibles (houille, charbon de bois, etc.), étaient frappés de prohibition à leur sortie de France. De même pour les industries textiles : l'exportation de la laine. du lin, du chanvre, du phormium tenax, de l'abacca, de la soie et de la bourre de soie était absolument interdite.

L'exportation des céréales était également prohibée.

Le régime créé par la loi du 15 mars 1791 fut de courte durée. Une loi du 10 brumaire an V (31 octobre 1796), dirigée contre l'Angleterre, a frappé de prohibition absolue tous les produits réputés d'origine ou de fabrication anglaise; et comme il est très difficile, surtout lorsqu'il s'agit de produits fabriqués, de distinguer ou de constater leur véritable origine, la prohibition s'étendit à toutes les provenances. Puis on en vint, toujours pour atteindre le commerce anglais, à la mesure douanière connue sous le nom de « Blocus continental ».

Après le rétablissement de la paix qui suivit les guerres de la République et du Premier Empire, la prohibition générale édictée par la loi du 18 brumaire an V, fut érigée en principe économique: la loi du 28 avril 1816 (art. 6) donna même aux agents de la douane tout pouvoir pour rechercher à l'intérieur les marchandises d'origine suspecte, qui étaient confisquées lorsque l'origine étrangère en était établie; une amende égale à la valeur de la marchandise frappait le détenteur.

Les préoccupations du législateur de 1816 étaient d'abord de pourvoir aux nécessités financières en augmentant les ressources du Trésor par les recettes que pouvaient procurer les taxes à percevoir sur les marchandises étrangères importées en France, et ensuite, de donner satisfaction aux nouveaux intérêts de l'industrie et du commerce. Sauf le maintien des prohibitions établies

[illegible] du 18 brumaire an V, le régime de 1816 était dans son [illegible] très libéral, surtout si l'on considère qu'à cette époque, [illegible] protectionnistes prédominaient dans presque tous les [illegible] de l'Europe.

[illegible] droits établis en 1816 à l'entrée des produits en France [illegible] augmentés pour un certain nombre d'entre eux par plu[illegible] lois postérieures. Pour favoriser l'Agriculture, les céréales, [illegible] à un droit unique de 0,50 *f* les 100 *kg* par la loi du [illegible] 1816, furent soumises au régime dit « de l'échelle mobile » [illegible] 20 juillet 1819), c'est-à-dire à une taxe plus ou moins éle[illegible] suivant que la valeur des céréales récoltées en France, s'a[illegible] ou s'élevait elle-même. Dès que la rareté des céréales s'ac[illegible] on suspendait l'application des taxes et l'on ouvrait toutes [illegible] aux céréales étrangères.

Après la chute de la Restauration, notre système économique [illegible] par deux lois importantes : l'une du 9, l'autre du [illegible] 1832; la première ouvrait nos frontières de terre et de [illegible] au transit des marchandises prohibées, l'autre ouvrait nos [illegible] réels des douanes à l'emmagasinage des mêmes mar[illegible]

[illegible] deux lois n'étaient que le prélude des modifications consi[illegible] qui furent introduites dans notre législation douanière [illegible] des 2 et 5 juillet 1836.

[illegible] de cette époque fit procéder à une enquête [illegible] à apporter à notre système douanier. La plu[illegible] Chambres de Commerce se déclarèrent contre tout chan[illegible] quelques-unes seulement se prononcèrent en faveur d'une [illegible] complète de notre système douanier en demandant un [illegible] successif de nos taxes.

[illegible] du 2 juillet 1836 a fait disparaître non seulement la gé[illegible] des prohibitions qui atteignaient certains de nos produits [illegible] exportation, mais encore elle a modéré dans une large [illegible] les taxes de sortie.

[illegible] à la loi du 5 juillet 1836, elle a apporté quelques modi[illegible] de droits à l'égard d'un certain nombre de produits et de [illegible] nécessaires à nos industries. La plus importante de ses [illegible] est celle qui concerne les admissions temporaires de [illegible] étrangers destinés à être fabriqués ou à recevoir en France [illegible] complémentaires, car elle forme encore la base de notre [illegible] actuelle sur ce point.

[illegible] temporaire consiste à permettre l'entrée en France,

sans payer de droits, de certaines marchandises (ordinairement des produits bruts), moyennant l'engagement pris sous caution *(acquit-à-caution)* de les réexporter dans un délai déterminé, après avoir reçu un complément de main-d'œuvre.

Les admissions temporaires peuvent rompre, dans de notables proportions, l'équilibre normal établi entre les industries par le tarif général. Il en peut résulter que la protection, jugée nécessaire à telle industrie, lui soit indirectement enlevée, tandis que telle autre se trouvera doublement protégée. Par exemple, l'admission en franchise des fers anglais procure à meilleur compte aux constructeurs de machines français, la matière première qu'ils seraient obligés de demander autrement à nos établissements métallurgiques. D'autre part, ceux-ci se voient enlever une partie de la protection que leur assurait le tarif, car les fers destinés à la réexportation font concurrence à nos établissements métallurgiques pour toutes les demandes de l'étranger, et déterminent un abaissement de prix. Mais si la métallurgie est sacrifiée, les constructeurs de machines sont doublement favorisés; d'abord par la franchise des importations et, ensuite, par les droits à l'importation sur les machines de fabrication étrangère.

La perturbation est surtout très grande si l'on se contente de la réexportation à *l'équivalent* au lieu d'exiger la réexportation à *l'identique*.

Dans la pensée du législateur de 1836, les introductions devaient être restreintes et subordonnées au régime de l'identité, c'est-à-dire que les produits n'étaient admis en franchise qu'à la condition d'être réexpédiés eux-mêmes après complément de main-d'œuvre en France. Mais, à mesure que l'industrie s'est développée, on a franchi les limites de l'interprétation rigoureuse de la loi de 1836 (art. 5) et l'on en est arrivé au système de la réexportation par équivalent, c'est-à-dire que les produits étrangers peuvent rester définitivement dans la consommation intérieure et être remplacés, à l'exportation, par une égale quantité de produits similaires de provenance française à un degré de fabrication plus avancé; ce système fut consacré par le décret du 15 février 1862. Il en est résulté que les importateurs ont pu introduire en France des produits venus de l'étranger, sans être obligés de les transporter à l'usine et de les travailler, à la seule condition de réexporter une quantité équivalente de matières, qui peuvent être essentiellement différentes de celles qui ont été introduites.

Puis on en est arrivé au trafic des acquits-à-caution.

Il est peu de dispositions douanières qui aient donné lieu à autant de réclamations que celle que je viens d'indiquer.

A l'égard des blés, il fut un temps où l'on importait à Marseille des blés tandis que l'on exportait par le nord des farines. Le trafic des acquits-à-caution nuisait à la fois au Trésor et à notre agriculture, on y remédia en obligeant les importateurs de blés à ne faire sortir les farines que dans le rayon même de la direction des douanes où s'était effectuée l'importation du blé (décret du 18 octobre 1873).

Des réclamations fort nombreuses aussi ont été présentées contre le système de l'équivalent par l'industrie métallurgique et, particulièrement, par les établissements placés dans un rayon éloigné des importations étrangères. Pour leur donner satisfaction, un décret du 9 janvier 1870 a subordonné l'admission des fers et aciers placés sous le régime de l'admission temporaire, à la condition d'être conduits dans l'usine même qui en avait demandé l'importation. La même disposition a été appliquée aux fontes d'affinage par le décret du 24 janvier 1888.

Les admissions temporaires des tissus de coton destinés à être teints ou imprimés pour l'exportation, autorisées par décret du [illegible] février 1861, furent supprimées par un décret du 9 juin 1872, sur la plainte des filateurs et des tisseurs de Normandie et des Vosges.

Si je me suis un peu étendu sur cette question des admissions temporaires, c'est à cause de son importance et des nombreuses discussions qu'elle a motivées encore tout récemment; mais revenons au tarif général des douanes.

La loi du 6 mai 1841 a diminué les tarifs concernant les houilles et quelques autres produits. La même loi a levé les prohibitions sur les fils de laine longue peignée retors à deux bouts.

Après 1841, un revirement vers la protection s'est manifesté.

L'industrie du lin et du chanvre, effrayée par le développement des importations des fils et toiles de lin et de chanvre de fabrication anglaise, réclamait énergiquement un supplément de protection. Le gouvernement du roi Louis-Philippe, reconnaissant qu'il y avait une sorte d'invasion des produits en question, donna satisfaction aux industriels français. Une ordonnance du 26 juin 1842 doubla les droits afférents aux fils de lin et de chanvre d'origine étrangère, et reporta sur les tissus l'augmentation ainsi accordée aux fils.

Le gouvernement de juillet donnait ainsi satisfaction à une

industrie qui se trouvait en pleine voie de transformation. En effet, l'invention de Philippe-de-Girard permettait de filer mécaniquement le lin et le chanvre, de même que la laine et le coton. Mais, comme cela n'est arrivé que trop souvent à l'égard des inventions qui ont pris naissance en France, les procédés inventés pour la filature du lin et du chanvre ont d'abord été mis en pratique par l'Angleterre, qui jouissait ainsi d'une supériorité industrielle incontestable. Aussi, pour la conserver, le gouvernement anglais avait prohibé la sortie de toute machine destinée à la filature du lin et du chanvre, et ce n'est qu'à grand'peine et avec des sacrifices pécuniaires considérables que l'industrie du lin et du chanvre, en France, avait pu se procurer les instruments de son travail : de là, l'infériorité relative des produits français.

La faveur accordée par le gouvernement à l'industrie linière, réveilla les prétentions de nos diverses industries agricoles et manufacturières qui réclamèrent une protection plus énergique.

Les lois des 9 et 11 juin 1845 qui sont, en matière de douane, les dernières du règne de Louis-Philippe, leur donnèrent satisfaction dans une certaine mesure.

Le régime de la protection était l'objet d'une faveur marquée dans les dernières années de la monarchie de Juillet; on redoutait pour l'industrie et l'agriculture, les théories soutenues par les partisans du libre-échange qui étaient encore peu nombreux.

Lorsqu'éclata la Révolution de février 1848, divers projets de loi concernant les douanes étaient soumis au Parlement, mais ils n'eurent point de suite, et il nous faut aller jusqu'à 1853 pour trouver une nouvelle modification à notre régime douanier.

Après l'Exposition de Londres, en 1851, où la France avait figuré avec honneur et remporté de nombreuses récompenses, les principes du libre-échange, ou tout au moins d'une protection modérée, étaient accueillis avec une certaine faveur. — Par des décrets rendus en 1853, 1854 et 1855, convertis plus tard en lois (lois des 28 janvier 1856 et 18 avril 1857), le gouvernement diminua notablement les taxes à l'entrée en France sur plusieurs matières premières : les droits sur les fers furent réduits à 12 *f* (décret du 22 novembre 1853); pour le coton, on alla jusqu'à l'exemption.

Ces mesures n'étaient que le prélude des réformes économiques que le gouvernement allait entreprendre. Le Corps législatif fut saisi, le 9 juin 1856, d'un projet de loi portant retrait des prohibitions inscrites dans le tarif des douanes et leur remplacement

... droits représentant 30 à 35 0/0 de la valeur des produits. ... projet de loi provoqua une vive émotion parmi la plupart ... industriels et le parti de la protection fut suffisamment ... pour faire échouer les mesures proposées.

... Quelques années plus tard, le pouvoir législatif fut ... mement placé en face d'un fait accompli : le traité de libre-... avec l'Angleterre.

... une lettre impériale du 5 janvier 1860, le gouvernement ... d'abord sa volonté de supprimer les prohibitions, les ... sur la laine et les cotons, de réduire les droits sur les sucres ... conclure des traités de commerce avec les nations étran-... Puis, peu de temps après, il fit connaître le traité signé ... Angleterre le 23 janvier, à la suite de négociations tenues ... grand secret.

... traité de 1860 n'était qu'un traité de principe : les prohibi-... importation des marchandises anglaises étaient remplacées ... taxe ne pouvant dépasser 30 0/0 *ad valorem*, mais la ... établie par les conventions définitives fut bien inférieure ... maximum de 30 0/0.

... la loi du 7 mai 1860, qui abolit tous les droits sur ... marchandises premières, et celle du 23 mai 1860 qui abaissait, ... mesure considérable, les taxes sur un grand nombre de ...

... quelques mois plus tard, une loi (1er août 1860) dont on s'était ... la portée et l'utilité, mais qui avait été inspirée par le ... venir en aide à la petite industrie, mit à la disposition du ... gouvernement une somme de 40 millions destinée à faire des ... aux industriels dont les capitaux étaient insuffisants pour le ... renouvellement de leur outillage.

... traité de 1860 fut suivi, de 1861 à 1866, d'une série d'autres ... conventions inspirées par le même esprit de liberté commerciale : ... 1861, Zollverein 1862, Italie 1862, Suisse 1864, Suède et ... Pays-Bas, Espagne, 1865, Portugal, Autriche, 1866.

... évolution si soudaine, des changements si considérables ... brusquement, sans préparation, sans transition, dans ... de notre régime économique, ne pouvaient être réa-... de cruelles souffrances, de douloureuses catastrophes ... récriminations; ni les unes ni les autres ne man-... à la réforme de 1860.

... envisageant le résultat au point de vue général, peut-on ... les mesures prises en 1860 ont exercé sur la prospérité

du pays une influence heureuse? Le développement de notre industrie et de notre commerce n'est-il pas dû plutôt aux progrès qui ont révolutionné l'industrie de cette époque? — Les machines, actuellement si perfectionnées, commençaient à peine à se produire; l'insuffisance des voies et des moyens de communication, aujourd'hui si rapides et si faciles, opposait de véritables obstacles à l'activité humaine.

Les doléances de l'industrie furent souvent portées devant le Corps législatif, sans grand succès. — En 1869, alors que le traité avec l'Angleterre approchait à son terme, le gouvernement se décida à procéder à une enquête qui paraissait devoir donner satisfaction sur un grand nombre de points aux réclamations qui s'étaient produites, mais elle fut interrompue par les funestes événements de 1870.

Après la paix, il y eut un grand mouvement de reprise dans les opérations industrielles et commerciales; il fallait reconstituer les stocks épuisés pendant la guerre. Le gouvernement pensa qu'il lui serait possible de demander à notre tarif des douanes une partie des ressources dont nous avions besoin et il proposa un projet de loi, connu sous le nom d'impôt sur les matières premières, qui devait procurer environ 200 millions de francs. — Après de longues discussions, consacrées à l'étude de ce projet, l'Assemblée nationale accepta cet impôt, mais il ne put être appliqué parce que l'Angleterre se refusa, comme d'autres puissances, à laisser relever les tarifs conventionnels dans la proportion des droits votés sur les matières premières. — Il fallut renoncer à cet impôt.

Par une loi du 2 février 1872, émanant de l'initiative parlementaire, l'Assemblée nationale, voulant permettre à la France de reprendre sa liberté d'action, demanda au gouvernement de dénoncer les traités de commerce en vigueur; mais, pour éviter l'application du tarif général de cette époque, la même loi portait que le tarif conventionnel resterait applicable jusqu'au vote d'un nouveau tarif des douanes.

Les Chambres de commerce furent consultées: un nouveau tarif, élaboré par le Conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie, fut présenté par le gouvernement à la Chambre des Députés le 9 février 1877. Les événements politiques en empêchèrent la discussion. Il fut repris l'année suivante et déposé à la Chambre le 21 janvier 1878.

Ce projet comportait de nombreuses réductions de tarifs puisque, sauf quelques modifications, il prenait pour limite supérieure

... ations à l'avenir les taxes qui avaient été considérées en ... la limite des réductions possibles, et cela, malgré le ... charges qui avaient été imposées à l'industrie à la ... malheurs. En outre, on modifia le mode de perception. ... tarif douanier antérieure à 1860, les droits ins... général des douanes étaient spécifiques et fixés d'une ... arbitraire qui ne tenait pas compte de la valeur du pro... ... étaient perçus.

... convention conclue avec l'Angleterre prévoyait aussi l'établissement de droits spécifiques, mais avec cette restriction que ... ces droits ne devaient pas dépasser une proportion ... de la valeur des objets qu'ils étaient appelés à protéger. ... arriva que quand il fallut traduire en chiffres cette règle ... proportionnalité et l'appliquer aux produits, les négociateurs ... s'entendre. On édicta alors une série de taxes *ad valo*... ... dérées à cette époque comme provisoires, car elles ... être converties en droits spécifiques dans un délai de ... ans. Mais durant ce délai, on ne réussit pas mieux à se ... accord; les taxes *ad valorem* furent maintenues et devin... ... cables à tous les pays qui se lièrent successivement ... par des traités de commerce.

... taxes *ad valorem* sont en principe fort séduisantes; elles suivent ... les fluctuations de prix de la marchandise, et atteignent ... quent le produit suivant sa valeur. Mais là, comme en ... circonstances, la pratique ne répond pas entièrement à ... C'est précisément parce que les valeurs sont instables ... droits *ad valorem* font surgir dans l'application de nom... difficultés. — La fraude en profite et les déclarations de ... de tel ou tel objet présenté à l'importation, sont ... dans une proportion plus ou moins considérable au ... du commerce honnête, qui est sincère dans ses décla... ..., et de l'industrie qui ne trouve plus dans les traités de ... la protection que l'on a voulu lui attribuer. — De plus, ... tions à la valeur provoquent des contestations, des ... tions en douane qui emploient beaucoup de temps et ... à des expertises souvent très laborieuses, alors que ... spécifiques n'exigent qu'un simple compte ou ... simple pesée.

... diverses considérations ont déterminé le gouvernement à ... en 1878, de remplacer les droits *ad valorem* par des ... spécifiques qui ne sont cependant pas exempts d'inconvé-

nients. Ces droits ne pouvant reposer que sur des moyennes ont, en effet, un inconvénient sérieux, celui de grever la marchandise commune et celui de dégrever la marchandise fine, celle de la plus grande valeur. Mais, en retour, ils ont l'avantage de donner à l'industrie toute la protection promise ; de plus, quand ils sont convenablement établis, ils facilitent les opérations du commerce qui sait à l'avance ce qu'il devra payer et peut combiner sûrement ses opérations.

Ces considérations ont conduit les principaux États, notamment l'Allemagne, l'Autriche et même l'Angleterre, à baser leurs législations douanières sur les droits spécifiques.

Sous l'influence de l'épouvantable crise économique dont les premières atteintes se firent sentir en 1876, qui devint plus intense encore en 1877 et depuis n'a fait que prendre des proportions plus inquiétantes, les principes du libre-échange commençaient déjà à ne plus être autant en faveur ; néanmoins on était d'avis d'abandonner le tarif en vigueur vis-à-vis des nations non liées avec nous par des traités de commerce, et d'établir des droits modérés pour remplacer des droits prohibitifs ou élevés qui formaient à cette époque notre tarif général.

Après de longues et intéressantes discussions au Sénat et à la Chambre des Députés, le nouveau tarif général des douanes fut promulgué le 7 mai 1881. C'est la première fois que ce tarif a été l'objet d'une revision complète et d'ensemble depuis l'article 1er jusqu'au dernier ; les modifications antérieures n'avaient été que partielles.

Les droits sont relativement peu élevés ; on a voulu établir un tarif qui ne serait ni un tarif maximum, ni un tarif minimum, mais simplement suffisant pour préserver nos industries contre une inondation des produits étrangers, en laissant au gouvernement une liberté absolue pour arriver à la conclusion de nouveaux traités de commerce.

Les négociations engagées aboutirent avec tous les pays antérieurement liés avec la France, sauf avec l'Angleterre et l'Autriche-Hongrie. C'est ainsi que de nouvelles conventions furent signées avec la Belgique, l'Italie, le Portugal, la Suède et la Norvège, l'Espagne et la Suisse.

Ces traités de commerce, consacrant de nombreuses réductions susceptibles de jeter un certain trouble dans plusieurs industries, soulevèrent de vives réclamations dans le monde industriel et commercial, et un grand nombre de membres du Parlement ne

[illegible] à les voter que pour sortir de l'état d'incertitude qui [illegible] notre production.

[illegible] engagées à cette époque avec les Pays-Bas [illegible] aussi à une nouvelle convention, signée le 26 novem-[illegible] 1881 et à laquelle la seconde Chambre des Etats généraux [illegible] refusa son approbation. Une seconde convention du [illegible] 1882 eut le même sort; c'est seulement le 18 avril 1884 [illegible] le traité de commerce qui nous lie aujourd'hui avec

[illegible] l'Angleterre, l'entente ne put se faire sur la fixation des [illegible] anglais réclamaient le maintien des droits [illegible] que les négociateurs français voulaient remplacer par [illegible] spécifiques. Après la rupture définitive des négociations, [illegible] gouvernement français pensa qu'en présence du régime doua-[illegible] Angleterre, qui est très libéral, il y avait intérêt pour [illegible] pas restreindre nos échanges avec ce pays par l'appli-[illegible] immédiate du tarif général aux marchandises anglaises, [illegible] restant maîtres de nos tarifs pour le cas où le gouverne-[illegible] britannique aggraverait le régime douanier auquel sont sou-[illegible] produits français à leur entrée en Angleterre. Dans ce but, [illegible] au Parlement un projet de loi accordant à l'Angleterre [illegible] de la nation la plus favorisée, sans réciprocité (loi [illegible] février 1882). Le lendemain de la promulgation de cette loi, [illegible] fut signée entre la France et l'Angleterre, aux [illegible] laquelle chacun des pays accorde à l'autre le traitement [illegible] de la plus favorisée en ce qui concerne l'exercice du [illegible] et de l'industrie (les droits de douane étant réservés) [illegible] des droits et exercices légaux.

[illegible] mesures prohibitives que nous appliquons au bétail austro-[illegible] pour préserver le bétail français des invasions de la peste [illegible] rendirent également très laborieuse la conclusion d'un [illegible] avec ce pays. Après des négociations souvent rompues et [illegible] une convention ne portant également aucun tarif [illegible] mais assurant simplement aux contractants le traitement [illegible] de la plus favorisée, fut signée le 18 février 1884.

[illegible] relations avec la Russie sont réglées par le traité du 1er avril [illegible] et avec l'Allemagne par l'article 11 du traité de Francfort.

[illegible] traité conclu avec l'Italie, ayant été dénoncé par celle-ci le [illegible] 1887, a cessé de produire ses effets à partir du 1er jan-[illegible] 1888.

Diverses tentatives, en vue de la conclusion d'une nouvelle convention avec ce pays, n'ont point abouti, et, depuis, nous sommes régis, non seulement par le tarif général des douanes, mais il y a eu, en outre, des relèvements de tarifs pour les produits importés de chacun des pays dans l'autre.

Les traités qui nous lient aujourd'hui avec les principaux États sont donc :

PAYS	DATE DES TRAITÉS	DATE DES RATIFICATIONS	DATE DES ÉCHÉANCES	OBSERVATIONS
Belgique	31 octobre 1881	12 mai 1882	1er février 1892	Seuls pays avec lesquels la France a pris l'engagement de recevoir un certain nombre de marchandises à des droits réduits indiqués dans les tarifs annexés aux traités.
Portugal	19 décembre 1881 6 mai 1882	13 mai 1882	1er février 1892	
Suède et Norvège.	30 décembre 1881	12 mai 1882	1er février 1892	
Espagne.	6 février 1882	12 mai 1882	1er février 1892	
Suisse	23 février 1882	12 mai 1882	1er février 1892	
Pays-Bas	29 avril 1884	8 août 1885	1er février 1892	
Allemagne. . . .	10 mai 1871 art. 11 du traité de Francfort	»	Durée illimitée	Traitement de la nation la plus favorisée.
Angleterre . . .	Loi du 27 fév. 1882	»	»	
Autriche-Hongrie	18 février 1884	1er mars 1884	Sans fixation de durée. Cesse de produire ses effets 6 mois après la dénonciation.	
Russie	1er avril 1874	4 juillet 1874	Sans fixation de durée. Cesse de produire ses effets un an après la dénonciation.	

Une clause générale insérée dans chaque traité stipule que les pays contractants se concèdent mutuellement le bénéfice de toutes les réductions de tarifs, de tous les avantages qu'ils pourraient consentir à des tiers, en sorte que notre tarif conventionnel, applicable à tous les pays avec lesquels nous avons des conventions, se trouve formé par l'ensemble des taxes réduites portées dans chacun des traités pris isolément et des articles du tarif général des douanes n'ayant pas subi de modifications.

Cette clause a été l'objet de nombreuses critiques; elle est, en effet, la cause de modifications constantes, et rend illusoire la stabilité que les traités ont pour but de donner au commerce. Il n'y a eu en effet aucune stabilité par suite de cette raison que l'on n'a pas un traité unique pour toutes les nations, mais bien autant de traités qu'il y a de nations et chaque négociation emporte avec

[illegible] concessions nouvelles qui, en vertu de la dite clause, [illegible] arrangements antérieurs. Ainsi, pour ne citer qu'un [illegible] sur les vins qui est de 4,50 *f* par hectolitre [illegible] général de 1881 fut abaissé à 3 *f* par le traité avec [illegible] notre traité avec l'Espagne. La série des négo[illegible] [illegible] se poursuivant continuellement, on n'est [illegible] assuré de la fixation d'un régime stable.

[illegible] traités que je viens d'énumérer, nous en avons un [illegible] d'autres conclus avec les nations moins importantes [illegible] diverses et qui expirent à des dates plus ou moins [illegible]

[illegible] ces traités ne contient de réduction de droits d'entrée [illegible] des produits spécialement désignés; ils ne com[illegible] [illegible] clause de la nation la plus favorisée.

[illegible] de la dénonciation des traités de commerce se pose [illegible] à l'égard de ceux qui nous régissent avec [illegible] Portugal, la Suède-Norvège, l'Espagne, la Suisse [illegible] et qui, combinés avec le tarif des douanes, for[illegible] ensemble notre tarif conventionnel.

[illegible] nouveaux traités, contenant des réductions de droits [illegible] général des douanes, ne seront pas établis, les [illegible] que la clause de la nation la plus favorisée ces[illegible] [illegible] droit à des réductions de tarifs. Et notamment [illegible] traité de Francfort, régissant nos relations avec [illegible] a donné lieu à tant de récriminations, ne nous [illegible] en rien si des concessions douanières ne sont pas [illegible] puissances, puisqu'aucune nation n'étant plus [illegible] façon spéciale par aucun traité, l'Allemagne serait [illegible] à notre tarif général.

[illegible] traités que je viens d'énumérer cesseront de produire [illegible] le 1er février 1892, s'ils sont dénoncés douze mois [illegible] date. Devons-nous le faire? Telle est la question qui [illegible] actuellement.

[illegible] gouvernement s'en est déjà préoccupé. Il a réuni, à la date [illegible] 12 [illegible] décembre dernier, le Conseil supérieur du commerce et de [illegible], qui n'avait pas fonctionné depuis plusieurs années; [illegible] après une discussion importante, a rédigé un ques[illegible] qui a été adressé aux Chambres de commerce, aux Syn[illegible] [illegible]. Il comprend huit questions principales se subdivisant

elles-mêmes en un plus grand nombre : les unes générales, les autres particulières à une région ou à un genre d'industrie (1).

Nous ne nous occuperons que de la troisième question :

Y a-t-il lieu de dénoncer les traités existants?

S'ils sont dénoncés, comment les remplacer?

Avant de se prononcer sur ce point, il nous faut examiner quels ont été les effets des traités de commerce, sous le régime desquels nous vivons depuis 1860.

Le but des conventions de 1860 et 1882 était d'ouvrir des débouchés nouveaux aux produits des industries françaises et

(1) Questionnaire adopté par le Conseil supérieur du commerce et de l'industrie dans sa séance du 18 décembre 1889.

1re question. — Quelle est la situation présente de chacune des branches d'industrie et de commerce de votre circonscription?

Quelles sont les causes générales de cette situation?

Quelle est la part d'influence sur la production, la consommation intérieure et le commerce avec l'étranger, qu'il convient d'assigner au régime économique inauguré en 1860?

2e question. — Dans quels pays s'exportent vos produits?

Exportez-vous directement ou par l'intermédiaire de commissionnaires français ou étrangers?

De quels pays s'importent les produits similaires?

Quelles sont les causes de cette importation?

Quelle est l'importance de vos exportations, et dans quelle proportion entrent-elles dans votre production totale?

Quelle est l'importance de l'importation des produits similaires étrangers?

Quelles variations ces exportations et ces importations ont-elles subies depuis l'inauguration du régime économique actuel?

Quelles sont les causes de ces variations?

3e question. — Êtes-vous d'avis qu'il y a lieu de dénoncer les traités existants?

S'ils sont dénoncés, comment les remplacer?

Pensez-vous qu'on doive négocier avec les pays qui nous accorderaient des avantages corrélatifs, des arrangements nouveaux, soit sur la base des anciens traités à long terme, soit sur celle de conventions commerciales qui auraient une durée moindre et la même date d'échéance?

Pensez-vous, au contraire, que l'État doive conserver la pleine liberté de ses tarifs, et qu'il doive établir soit un tarif général unique applicable à tous les pays étrangers sans distinction, soit un double tarif : le premier *minimum* à l'égard des pays qui nous accorderaient des avantages corrélatifs, le second *maximum* à l'égard des autres?

Comment comprendriez-vous le fonctionnement de ce dernier système?

4e question. — Demandez-vous qu'on modifie le tarif général des douanes, soit en ce qui touche le taux des droits, soit en ce qui touche leur classification?

Quelles sont les modifications que vous réclamez et pour quelles raisons les réclamez-vous?

5e question. — Quelles sont les matières premières que vous employez pour votre industrie?

D'où les recevez-vous?

Quelles seraient, pour vous, les conséquences d'un droit qui frapperait les matières premières venant de l'étranger?

Par quel système (drawback, admission temporaire ou tout autre moyen), vous paraît-il possible d'empêcher que ce droit, s'il était établi, n'entravât votre exportation?

6e question. — Quel serait le régime douanier qu'il conviendrait d'appliquer aux colonies?

7e question. — Parmi les tarifs de nos Compagnies de chemin de fer, en est-il qui favorisent, à votre détriment, la concurrence étrangère?

Quels sont-ils?

8e question. — Le régime économique actuel a-t-il été, ou non, profitable à la marine marchande et aux ports de commerce?

[illegible]duits agricoles. Si nous nous plaçons en présence de la réa-[illegible]-nous? Le pays a-t-il trouvé dans ces conventions [illegible] avantages qu'on lui avait fait espérer? N'y a-t-il pas [illegible], au contraire, d'amères déceptions? Les importations ont [illegible] dans des proportions considérables, tandis que les ex-[illegible] sont réduites dans des proportions énormes.

[illegible] prouve qu'il ne faut pas attribuer aux traités de com-[illegible] 1860 le développement incontestable et incontesté de [illegible] depuis cette époque, c'est que le même mouvement [illegible] accompli chez tous les peuples libre-échangistes ou protec-[illegible]. En effet, il est certain que nos échanges ont augmenté, [illegible] pas autant qu'on le croit généralement.

[illegible] comparaison entre les chiffres d'avant et d'après 1860 à l'im-[illegible] à l'exportation, est assez difficile à établir. Car, jus-[illegible] 1860, le commerce spécial a été l'expression presque absolue [illegible] des produits étrangers nécessaires à la consom-[illegible] française et de l'exportation des produits du sol ou de l'in-[illegible] nationale. Mais, à partir de ce moment, les marchandises [illegible] auparavant qu'au commerce général ont été, par [illegible] modifications de tarifs, portées à la fois au commerce gé-[illegible] au commerce spécial. Les traités ou les lois de douanes [illegible] supprimé les taxes d'entrée sur ces marchandises, les im-[illegible] les ont déclarées en totalité pour la consommation, sans [illegible] entre celles qui devaient rester à l'intérieur et celles [illegible] revenir à l'étranger. Le commerce spécial d'impor-[illegible] résumant ces déclarations, s'est trouvé de la sorte grossi [illegible] qui, jusqu'en 1860, n'étaient relevées qu'au commerce [illegible] de transit, et il en a été de même pour le commerce [illegible] d'exportation.

[illegible] lieu également de remarquer que beaucoup de fabrications [illegible] jusqu'en 1860, étaient, ou prohibées à titre absolu, ou frappées [illegible] prohibitifs, ont pu en vertu des traités, être importées [illegible] consommation. Tandis que précédemment nos expor-[illegible] d'objets fabriqués représentaient l'excédent de la produc-[illegible] sur les besoins de la consommation intérieure, une partie de [illegible] exportations n'a été, depuis 1860, que l'équivalent des mar-[illegible] étrangères qui remplaçaient nos produits sur notre [illegible]. Ainsi s'expliquent les gros chiffres obtenus à l'entrée et à [illegible] à partir de 1860 en ce qui concerne le commerce spécial, [illegible] chiffres sont fictifs.

Quand on examine le mouvement de notre commerce international, on remarque que nos exportations et importations qui ne progressaient que lentement de 1827 à 1848, avant la création des chemins de fer, de la grande navigation à vapeur et l'amélioration de tous les moyens de transport, se sont brusquement élevées de 1848 à 1859 dans des proportions énormes (voir le graphique, pl. 2).

COMMERCE INTERNATIONAL DE LA FRANCE

Relevé du total des exportations et importations de 1827 à 1889

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES IMPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	414	507	»	93
1828	454	511	»	57
1829	483	505	»	22
1830	489	453	36	»
1831	374	456	»	82
1832	505	507	»	2
1833	491	560	»	69
1834	504	510	»	6
1835	520	578	»	58
1836	560	623	»	63
1837	569	515	54	»
1838	656	659	»	3
1839	651	677	»	26
1840	747	695	52	»
1841	804	761	43	»
1842	847	644	203	»
1843	846	687	159	»
1844	868	790	78	»
1845	856	848	8	»
1846	920	852	68	»
1847	956	720	236	»
1848	474	690	»	216
1849	724	938	»	214
1850	791	1 068		277
1851	765	1 158	»	393
1852	989	1 257	»	268
1853	1 196	1 542	»	346
1854	1 292	1 414	»	122
1855	1 594	1 558	36	»
1856	1 990	1 893	97	»
1857	1 872	1 865	7	»
1858	1 563	1 887	»	324
1859	1 641	2 266	»	625
1860	1 897	2 277	»	380
1861	2 442	1 926	516	»
1862	2 199	2 243	»	44
1863	2 426	2 643		217
1864	2 528	2 924	»	396
1865	2 642	3 088	»	446
1866	2 794	3 191		397
1867	3 027	2 826	201	»
1868	3 304	2 790	514	»
1869	3 153	3 075	78	»
1870	2 867	2 802	65	»
1871	3 567	2 861	706	»
1872	3 570	3 762	»	192
1873	3 555	3 787	»	232
1874	3 508	3 701	»	193
1875	3 537	3 873	»	336
1876	3 988	3 576	412	»
1877	3 670	3 436	234	»
1878	4 176	3 180	996	»
1879	4 595	3 231	1 364	»
1880	5 033	3 704	1 329	»
1881	4 863	3 561	1 302	»
1882	4 822	3 574	1 248	»
1883	4 804	3 452	1 352	»
1884	4 344	3 233	1 111	»
1885	4 088	3 088	1 000	»
1886	4 208	3 249	959	»
1887	4 036	3 267	770	»
1888	4 107	3 247	860	»
1889	4 175	3 269	906	»

Les importations, qui n'étaient que de 474 millions en 1848, se sont élevées à 1 641 millions en 1859, alors que les exportations allaient de 690 à 2 266 millions. Le total des importations a été de 14 892 millions pendant cette période de douze ans, et celui des exportations de 17 529 millions, soit une moyenne annuelle de 1 241 millions pour les importations et de 1 461 millions pour les exportations. Pendant cette période, l'excédant des exportations sur les importations a été de 2 637 millions.

Si l'on considère notre commerce international pendant une même période de douze années (en négligeant l'année 1870), à partir de l'établissement des traités de commerce, on remarque que :

Les importations qui étaient de 1 897 millions en 1860, se sont élevées à 3 570 millions en 1872, et les exportations de 2 277 millions à 3 762 millions. Le total des importations a été de 33 549 millions pendant ces douze années et celui des exportations de 33 milliards 608 millions; soit une moyenne annuelle de 2 846 millions pour les importations et de 2 801 millions pour les exportations. Pendant cette période, l'excédant des exportations sur les importations est bien inférieur à celui de la période précédente : il n'est plus que de 59 millions.

De 1873 à 1884, les importations ont crû de 3 555 millions à 4 344 millions, tandis que les exportations s'abaissaient de 3 milliards 787 millions à 3 233 millions. Le total des importations a été de 50 896 millions ou de 4 241 par an; celui des exportations de 42 072 millions ou de 3 506 millions par an.

Dans la période précédente, l'excès des exportations sur les importations s'était considérablement abaissé; maintenant le résultat est inverse, ce sont les importations qui surpassent les exportations de 8 824 millions; alors apparait avec toutes ses conséquences la crise industrielle et agricole que nous subissons encore aujourd'hui.

De 1885 à 1889, l'écart entre les exportations et les importations tend à diminuer, mais il est encore très élevé. Pour ces cinq années, le total des exportations est de 16 440 millions et celui des importations de 20 604 millions, soit un écart de 4 164 millions en faveur des importations.

Lorsque l'on examine la question qui nous occupe en ce moment, on sépare souvent et bien à tort, l'agriculture de l'industrie. Sans vouloir suivre cette méthode, j'ai indiqué ci-après (voir aussi pl. 2) le relevé des exportations et importations des grains et farines de 1827 à 1889.

Relevé des exportations et importations des grains et farines de froment, épeautre, méteil, seigle, avoine, orge, maïs et sarrazin, de 1827 à 1889

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES IMPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES EXPORTATIONS
	[illegible] de mille		[illegible] de mille	
1827	0.9	5.7	»	4.8
1828	25.3	2.9	22.4	»
1829	39.9	3.0	36.9	»
1830	44.7	1.6	43.1	»
1831	43.2	4.2	39.0	»
1832	91.1	3.5	87.6	»
1833	0.1	3.7	»	3.6
1834	0.0	3.8	»	3.8
1835	0.1	4.3	»	4.2
1836	0.4	5.3	»	4.9
1837	5.8	6.8	»	1.0
1838	3.4	10.7	»	7.3
1839	23.7	17.5	6.2	»
1840	47.1	4.6	42.5	»
1841	3.5	16.6	»	13.1
1842	13.0	18.8	»	5.8
1843	42.1	5.6	36.5	»
1844	50.8	6.6	44.2	»
1845	15.5	13.0	2.5	»
1846	97.7	6.6	91.1	»
1847	209.0	4.5	204.5	»
1848	21.4	33.5	»	12.1
1849	0.0	31.2	»	31.2
1850	0.0	69.0	»	69.0
1851	1.5	89.6	»	88.1
1852	4.5	61.5	»	57.0
1853	108.7	100.1	8.6	»
1854	161.5	7.8	153.7	»
1855	122.7	6.2	116.5	»
1856	301.2	7.6	293.6	»
1857	116.0	10.2	105.8	»
1858	46.2	128.6	»	82.4
1859	37.6	351.7	»	314.1
1860	22.2	119.8	»	97.6
1861	390.9	33.8	357.1	»
1862	157.4	41.6	115.8	»
1863	52.9	48.0	4.9	»
1864	23.1	55.7	»	32.6
1865	16.2	117.7	»	99.5
1866	49.4	177.5	»	128.1
1867	318.5	64.5	254.0	»
1868	337.1	65.5	271.6	»
1869	56.0	67.7	»	11.7
1870	185.6	33.5	152.1	»
1871	459.2	45.9	413.3	»
1872	117.4	212.9	»	95.5
1873	228.8	170.5	58.3	»
1874	310.5	146.4	164.1	»
1875	138.1	199.4	»	61.3
1876	270.1	141.0	129.1	»
1877	206.7	185.1	21.6	»
1878	540.2	31.4	508.8	»
1879	876.7	61.7	815.0	»
1880	767.8	39.6	728.2	»
1881	519.2	91.4	427.8	»
1882	501.9	35.0	466.9	»
1883	374.4	55.4	319.0	»
1884	359.6	43.7	315.9	»
1885	212.1	31.8	180.3	»
1886	302.1	59.2	242.9	»
1887	309.2	18.9	290.3	»
1888	375.3	14.4	360.9	»
1889	372.8	21.7	351.1	»

Le tableau suivant (voir aussi pl. 2) représente le relevé général

Relevé des exportations et importations de tous les produits excepté les grains et les farines, de 1827 à 1889.

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES	
			IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	413	501	»	88
1828	429	508	»	79
1829	443	502	»	59
1830	444	451	»	7
1831	351	452	»	101
1832	414	503	»	89
1833	491	556	»	65
1834	504	506	»	2
1835	520	574	»	54
1836	565	623	»	58
1837	565	508	57	»
1838	653	648	5	»
1839	627	659	»	32
1840	700	690	10	»
1841	800	744	56	»
1842	834	625	209	»
1843	804	681	123	»
1844	817	783	34	»
1845	840	835	5	»
1846	820	845	»	25
1847	747	715	32	»
1848	450	653	»	203
1849	724	887	»	163
1850	791	1 059	»	268
1851	763	1 068	»	305
1852	984	1 195	»	211
1853	1 087	1 442	»	355
1854	1 130	1 406	»	276
1855	1 471	1 552	»	81
1856	1 687	1 885	»	198
1857	1 757	1 856	»	99
1858	1 517	1 758	»	241
1859	1 603	1 914	»	311
1860	1 875	2 157	»	282
1861	2 052	1 892	160	»
1862	2 042	2 201	»	159
1863	2 373	2 595	»	222
1864	2 505	2 868	»	363
1865	2 634	2 970	»	344
1866	2 744	3 003	»	259
1867	2 708	2 761	»	53
1868	2 967	2 724	243	»
1869	3 097	3 007	90	»
1870	2 681	2 756	»	75
1871	3 108	2 827	281	»
1872	3 423	3 519	»	96
1873	3 326	3 616	»	290
1874	3 177	3 565	»	388
1875	3 399	3 674	»	275
1876	3 749	3 435	»	686
1877	3 463	3 251	212	»
1878	3 616	3 128	488	»
1879	3 738	3 189	549	»
1880	4 245	3 408	837	»
1881	4 345	3 470	875	»
1882	4 320	3 519	801	»
1883	4 430	3 397	1033	»
1884	3 984	3 189	795	»
1885	3 856	3 944	»	88
1886	3 946	3 220	726	»
1887	3 737	3 228	509	»
1888	3 732	3 233	499	»
1889	3 802	3 587	215	»

... tations et des importations de tous les produits moins les ... farines (1).

La prospérité de la France a été sans cesse en grandissant tant que la balance du commerce nous a été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numéraire de l'étranger au lieu de lui en envoyer; mais depuis que la balance du commerce nous est devenue défavorable, c'est-à-dire depuis que la France est débitrice des nations étrangères en raison des importations qui ont prédominé sur les exportations, nous avons vu une crise épouvantable s'abattre sur notre industrie manufacturière et agricole; d'une intensité variable, elle a été la plus forte les années où l'excès des importations sur les exportations a été le plus grand.

Certains économistes prétendent que plus le commerce que l'on fait avec l'étranger est lucratif, plus la somme des importations doit excéder celle des exportations. D'après eux, l'or et l'argent sont des marchandises comme les autres, les produits s'échangent contre des produits, et il faudrait prendre la balance du commerce à rebours en calculant le produit national par l'excédant des importations sur les exportations.

Il suffit de jeter les yeux sur notre commerce international pour faire bonne justice de ces théories erronées. Tout le monde sait que les années 1862 à 1867 et de 1872 à 1876 ont été marquées chez nous par une grande prospérité; ce sont précisément celles où nos exportations surpassent les importations. La crise, qui sévit sur notre pays, depuis bien des années déjà, a pris naissance en 1876, précisément au moment où les importations commencent à surpasser nos exportations; elle a atteint son maximum d'intensité en 1880, l'année où l'excès des importations sur les exportations a atteint son maximum; enfin, elle diminue sensiblement depuis cette époque, et nous voyons en même temps diminuer l'excédant des importations sur les exportations.

C'est une grave erreur de soutenir qu'un pays s'enrichit d'autant plus qu'il importe davantage; c'est au contraire l'excédant des exportations sur les importations qui constitue un bénéfice

(1) Les tableaux publiés chaque année par la direction générale des douanes divisent ... les marchandises en trois catégories:
... objets d'alimentation.
... matières nécessaires à l'industrie;
... objets fabriqués.
Cette classification est tout à fait arbitraire et, quand on l'examine de près, on voit que ... les dénominations qu'elle fournit sont dénuées de toute utilité.
Dans la première catégorie il y a bien des matières [illegible] plutôt destinées à l'industrie qu'à l'alimentation. La distinction entre la seconde et la troisième catégorie est encore plus [illegible] car on fait figurer dans la seconde beaucoup de produits dont [illegible] de fabrication [illegible] avancé et que l'on pourrait très bien considérer comme objets fabriqués.

pour le pays. En effet, tous les produits quand l'importation n'est pas remplacée par l'exportation, se compensent en argent; le pays qui importe plus qu'il n'exporte, est par conséquent obligé de régler la différence en monnaie.

Les enseignements qui se dégagent de l'examen des tableaux de notre commerce international (planche 2), sont d'autant plus probants et irréfutables qu'ils sont corroborés par l'examen des faits. Il est incontestable, en effet, que jusqu'à il y a une quinzaine d'années, de grandes fortunes ont été réalisées dans l'industrie. Les bénéfices permettaient d'apporter sans cesse de nouveaux perectionnements à l'outillage et d'améliorer le sort des ouvriers. En est-il de même aujourd'hui? Malheureusement, non! Avec beaucoup d'efforts et d'économies, on arrive avec peine à équilibrer les recettes et les dépenses. L'industrie ne donnant plus aux capitaux une rémunération suffisante, ceux-ci s'en éloignent, ainsi que les individus. N'est-ce pas pour ce motif que tant de personnes recherchent de préférence des places de fonctionnaires ou d'employés plutôt que de diriger leurs efforts et leurs capitaux vers l'industrie? N'est-ce pas là aussi ce qui nous explique qu'un si grand nombre d'usines ont disparu et disparaissent encore chaque jour?

L'exemple des États-Unis est à méditer : après avoir importé plus qu'ils n'exportaient, alors qu'ils n'étaient pas riches, ils ont ensuite exporté plus qu'ils n'importaient et sont devenus riches.

Les principes du libre-échange seraient vrais s'ils pouvaient être appliqués dans le monde entier; mais il faut tenir compte des obligations de chaque peuple et de l'individualité de chaque nation.

Tant que le monde sera partagé entre des peuples que divisent leur race, leur langue, leurs mœurs, leurs intérêts, le libre-échange sera un vain mot, une dangereuse utopie, selon les temps et les circonstances, et tant que la liberté commerciale ne planera pas sur le monde entier, la France devra, avec prudence et discernement, défendre les intérêts de ses producteurs.

Les constatations irréfutables qui se dégagent de l'examen du tableau de notre commerce international sont pour nous un précieux enseignement; elles anéantissent complètement les théories libre-échangistes que je rappelais tout à l'heure, et qui ont heureusement fait leur temps chez nous pour ne plus reparaître, il l'espérer du moins.

Le principal argument que l'on fait valoir en faveur des traités

... consiste à dire qu'ils ont seuls le pouvoir de ... stable, d'assurer pour une période plus ou moins ... des contractants, la possession des réductions de ... par des négociations. Cette stabilité est purement ... En effet, le tarif conventionnel se trouve formé par une ... réductions sur notre tarif général, réductions qui sont ... ment, sans vues d'ensemble, aux puissances avec ... traité; les concessions faites par la France sont cons... ... La symétrie que l'on avait cherché à éta... ... portionnant dans le tarif général l'échelle des droits ... de chaque industrie est totalement détruite. La fixité ... qui ne peuvent être assurées, dit-on, que par les ... de commerce n'existent point, car à chaque accession d'un ... on voit introduire dans le tarif des abaissements dont ... s'étend, en vertu de la clause de la nation la plus favo... ... les pays qui ont déjà traité, ce qui constitue pour eux ... sans réciprocité pour nous, c'est une concession ... gratuite de notre part et sans aucun équivalent. Au ... l'on s'engage, on ne sait donc pas exactement ce que ... On ne sait pas davantage ce que l'on reçoit ; car, lors... ... avons traité avec un État pour un certain nombre de ... rien n'empêche celui-ci, quand il y trouve son avantage, ... taxes sur les articles non spécifiés au traité.

... traités de commerce nous liant les mains pour une période ... assez longue, il nous est impossible de venir ensuite au ... l'une de nos industries, si quelque péril vient à la ... Pour toutes ces raisons et bien d'autres, qu'il serait trop ... ici, les grandes puissances considèrent les traités ... comme une vieille machine usée et démodée.

... qu'un mot d'un autre argument que l'on invoque ... en faveur des traités de commerce, et qui consiste ... faut, avant tout, rechercher l'intérêt des consomma... ... un argument des plus spécieux, car le consommateur ... ne font qu'un. Il n'y a, en effet, que ceux qui ne ... ne produisent rien ; quel que soit le respect que l'on ... personnes qui vivent ainsi de revenus ou de rentes, il ... incontestable que leur sort est moins intéressant que celui des ... qui font sortir du sol ou des usines les richesses et les ... qui servent à l'usage de tous. Ce qu'il faut avant tout, ... équilibrer les intérêts du producteur et du consomma-

Nous sommes tous protectionnistes pour l'industrie que nous exerçons et libre-échangistes pour celle des autres. *(Approbation générale.)*

Dans certains milieux et malgré les preuves contraires, on reste encore sous l'influence de cette idée que c'est le consommateur qui finalement supporte toutes les conséquences des tarifs, cependant, comme le disait, le 8 février dernier, M. Pouyer-Quertier à la Société des Agriculteurs de France : « Les droits imposés à l'entrée des produits étrangers en France ne pèsent pas, comme l'ont voulu dire certains économistes, sur le consommateur; le droit de 5 *f* sur les blés n'a pas fait enchérir le prix du pain. »

D'après les libre-échangistes, chaque pays doit se consacrer exclusivement aux industries pour lesquelles il a le plus d'aptitude, suivant son génie industriel et la nature de son sol. Si chaque nation, disent-ils, ne s'occupait que des industries auxquelles elle est le plus apte, toutes pourraient donner au meilleur marché possible, dans les échanges qu'elles auraient à faire entre elles, la somme la plus considérable de produits.

Une pareille théorie ne supporte pas l'examen, car nous fabriquons aujourd'hui un grand nombre de produits qui nous venaient de l'étranger, il y a cinquante ou cent ans, et qui oserait soutenir que l'on ne doit pas encourager les créateurs de nouvelles industries? A tout moment, les inventions ou les perfectionnements de procédés industriels font que des nations, qui ne pouvaient pas produire autrefois certains articles, en deviennent capables.

D'autres arguments, que l'on invoque encore en faveur des traités de commerce, sont aussi faciles à refuter que ceux que je viens de signaler et qui sont les principaux.

Néanmoins, il faut reconnaître que les traités de commerce pourraient être admis dans certaines circonstances et qu'ils ne sont point dénués de tout avantage; chez nous, ce qui a produit des résultats déplorables, c'est surtout la façon dont ils ont été contractés, et, sur ce point, les traités de 1882 sont encore plus mauvais que ceux de 1860.

Un grand revirement d'opinions se fait à l'heure actuelle et le courant devient irrésistible. Les libre-échangistes eux-mêmes jettent aujourd'hui les traités de commerce par-dessus l'eau. « Ce sont les théoriciens de la protection qui les ont inventés » dit l'un des plus marquants d'entre eux, M. Léon Say; est-ce que Michel Chevalier et Cobden étaient des protectionnistes? Un autre libre-échangiste non moins connu, M. Leroy-Beaulieu, rédacteur en

[illegible] *l'Économiste français*, qui a mené, de 1878 à 1882, une [illegible] des plus énergiques en faveur des traités de commerce [illegible]ment des droits de douane au taux le plus bas, [illegible] que la crise agricole, le phylloxera, des erreurs mani[illegible] et regrettables que renfermaient les traités de commerce de [illegible] le courant général de l'opinion européenne et l'exem[illegible] par d'autres nations, notamment l'Allemagne et l'Italie, [illegible] chez nous les pouvoirs publics, et notamment le Parle[illegible], à une réaction économique d'un caractère prononcé (1) ». [illegible]change, ajoute-t-il, ne correspond pas à un programme [illegible] actuel et la question se pose seulement entre les droits [illegible] et les droits excessifs, entre la taxation universelle et [illegible] articles étrangers quels qu'ils soient, à l'exception de [illegible] dont la franchise est indispensable à la prospérité de nos [illegible].

[illegible] se passe en ce moment en Amérique mérite de notre [illegible] grande attention. Un congrès panaméricain se tient à [illegible], où tous les représentants de l'Amérique du Nord, de [illegible] centrale et de l'Amérique du Sud délibèrent sur les [illegible] de resserrer leurs liens économiques à l'exclusion de [illegible]. La réalisation de ce plan présente à l'heure actuelle des [illegible] considérables, mais avec le temps ne parviendra-t-on [illegible] à les surmonter? Si cette union venait à être réalisée, elle [illegible] pour conséquences probables, presque certaines, la ferme[illegible] aux Européens des marchés de l'Amérique. L'industrie [illegible], et plus particulièrement l'industrie parisienne, en rece[illegible] un coup terrible : ce serait pour nous un véritable désastre [illegible].

[illegible] autre côté, s'il se produisait au centre de l'Europe un [illegible] ou union douanière, entre l'Allemagne, l'Autriche, [illegible] et quelques autres puissances dont on a parlé, que devien[illegible] la situation économique de la France? Nous serions entraînés [illegible] une crise épouvantable, sinon fatale!

[illegible] ces circonstances, nous devons conserver notre liberté [illegible] et ne pas recommencer la faute que nous avons commise [illegible] 1882. Après la conclusion des traités qui nous liaient les [illegible] pendant une période déterminée, un certain nombre de [illegible] auxquelles nous avions accordé des concessions se [illegible] empressées de relever les droits de leur tarif général autant

(1) *Économiste français*, 1er février 1890.

qu'elles le pouvaient (Allemagne, 1885, — Angleterre, 1888. — Autriche-Hongrie, 1887, — Belgique, 1882, — Espagne, 1886. — Norvège, 1885, — Suède, 1888, — Suisse, 1887, etc.), et nos engagements antérieurs nous ont empêché de défendre notre marché intérieur contre l'invasion des produits étrangers. Il nous faut revenir aux vrais principes, au régime de l'indépendance. N'est-ce pas le moment de méditer ce que disait un jour M. de Bismarck à l'ambassadeur de France à Berlin :

« Quand je manque d'un produit, j'ouvre les frontières et je laisse entrer. Quand le produit existe en quantité suffisante, je frappe les similaires étrangers de droits plus ou moins élevés, suivant les circonstances. Quand il y a surabondance, je ferme la frontière et j'accorde des primes à l'exportation. Je ne me lie avec personne. »

Le système du chancelier a assuré le développement industriel de l'Allemagne : nous ferons sagement de nous en inspirer à l'occasion.

L'abandon des traités de commerce s'impose donc à l'heure actuelle et il est accepté à peu près unanimement ; — aussi, il ne semble y avoir de discussion que sur le choix du régime à adopter pour l'avenir.

La solution la meilleure semble être celle du régime des deux tarifs, l'un *minimum*, qui serait réservé aux nations qui nous traitent favorablement, l'autre *maximum*, qui serait opposé aux pays qui nous refusent les avantages qu'ils accordent à d'autres États ou dont le régime économique serait trop dur pour notre production.

Ce régime présente une grande analogie avec le système actuel qui comporte deux tarifs : le tarif conventionnel (qui serait remplacé par le tarif *minimum*) pour les pays avec lesquels nous avons des traités de commerce, et le tarif général (qui deviendrait le tarif *maximum*) appliqué aux produits des pays avec lesquels nous ne sommes point liés par des conventions. — Mais il présente sur le système actuel de très grands avantages, car nous serions absolument maîtres de modifier à tout moment, suivant nos besoins, les droits portés dans l'un et l'autre de ces tarifs, tandis qu'actuellement nous ne pouvons pas toucher au tarif conventionnel. — En outre, le tarif minimum, qui est le plus important, serait établi au grand jour, discuté au Parlement, tandis qu'aujourd'hui le tarif conventionnel est établi par des commissaires, réunis autour d'une table verte et cherchant chacun à obtenir les plus

... concessions à l'avantage de leur pays, concessions qui ont ... été faites bénévolement par la France, sans réciprocité. — ... de 1882 surtout en sont la preuve la plus manifeste.

... établit les prix de revient comparatifs entre les produits ... de nos industries nationales, et les produits similaires ..., on constate que nos concurrents fabriquent beaucoup ... à des prix inférieurs à ceux auxquels nous pouvons ... nous-mêmes, il nous est par suite impossible de sou-... la concurrence à moins que des *droits compensateurs* ne ... l'équilibre. Les tarifs de douane doivent être établis de ... assurer l'existence de notre industrie manufacturière tout ... que celle de notre industrie agricole. Celle-ci, de plus ... par la concurrence étrangère, ne peut plus sup-... une situation, qui, si elle se prolongeait encore un peu, ... fatale à brève échéance.

... notre liberté d'action à l'égard des autres pays, ... pas nous isoler d'eux tout en demeurant maîtres ... marché intérieur, nous ne devons pas élever autour de ... muraille de Chine : il faut établir des tarifs de préserva-... et non des tarifs de combat.

... système de la protection s'impose aujourd'hui comme une ... nationale, et tout le monde paraît d'accord pour assurer ... état, il faut bien se garder d'en pousser trop loin l'appli-... — Il y a une limite qu'on ne saurait dépasser sans tomber ... autre inconvénient : celui d'atteindre les consommateurs ... trop les producteurs, et, par l'exagération de la ... accordée à ceux-ci, d'augmenter pour ceux-là le prix des ... nécessaires à la vie. Le tout est de faire de la protection à ... juste dans la mesure.

ANALYSE

DE L'OUVRAGE DE M. E. BOIX

STABILITÉ DES CONSTRUCTIONS EN MAÇONNERIE

PAR

M. A. de IBARRETA

L'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées d'Espagne, M. E Boix, vient de publier un ouvrage sur la stabilité des constructions en maçonnerie : ***Estabilidad de las construcciones de mamposteria***, que nous croyons destiné à rendre un grand service aux constructeurs, à cause de son but principalement pratique, et dont nous allons rendre compte aussi sommairement que possible, eu égard à l'importance de l'ouvrage.

L'auteur s'est surtout proposé de rendre facile la détermination de la forme et dimensions qu'il convient d'assigner à une construction en maçonnerie pour obtenir la solution la plus économique et donnant lieu à une résistance convenable, tout en tenant compte, en même temps, des efforts qui agissent sur l'ouvrage et des conditions qu'il doit remplir.

A notre avis, la question a été complètement résolue par le moyen de procédés graphiques et de formules d'une extrême simplicité, qui sont déduits des résultats d'application des formules théoriques et qu'en outre on compare avec les diverses expressions empiriques proposées par plusieurs auteurs, ainsi qu'avec les dimensions assignées à des constructions analogues et d'un mérite incontestable.

L'ouvrage de M. Boix se divise en huit chapitres, que nous passerons rapidement en revue.

Le premier s'occupe des trois mouvements, de rotation, de glissement et d'écrasement des matériaux, qui peuvent occasionner la ruine d'une construction en maçonnerie. Il contient, en

[illegible] tableaux de données pratiques et de résultats d'expé[illegible] obtenues par divers opérateurs.

[illegible] exposé les principes généraux relatifs à la réparti[illegible] pressions sur la section horizontale d'un corps, l'auteur [illegible] principes aux diverses formes de la section qu'on peut [illegible] en pratique.

[illegible] chapitre traite de la théorie des murs de soutène[illegible] comprend trois articles.

[illegible] premier est relatif à l'intensité de la poussée des terres. [illegible] on détermine d'après les principes de la théorie de [illegible] en examinant le cas le plus général et plusieurs cas par[illegible] on considère également les simplifications que compor[illegible] obtenues lorsqu'on fait abstraction du frottement [illegible] contre le parement intérieur du mur, ainsi que lorsque [illegible] est produite par un liquide.

[illegible] second article, on détermine le point d'application de [illegible] pour les mêmes cas et lorsque le remblai est sur[illegible] que les terres agissent sur un parement courbe.

[illegible] article s'occupe de la stabilité du mur sous le [illegible] vue de chacun des trois mouvements indiqués anté[illegible] On détermine pour divers cas l'équation d'équilibre [illegible] l'épaisseur du mur et l'équation de la courbe de pres[illegible]

[illegible] troisième chapitre qui a pour titre : *considérations préli[illegible] sur l'application de la théorie des murs de soutènement*, l'au[illegible] une critique judicieuse de diverses méthodes proposées [illegible] les constructeurs, et déduit de cette étude la nécessité [illegible] abstraction du frottement des terres contre le mur, dans [illegible] pratiques de résistance d'un mur de soutènement, et de [illegible] par conséquent, à l'ancienne théorie de Coulomb, la [illegible] qui puisse être généralisée pour tous les cas qui se [illegible] dans les travaux. Il termine par une rapide analyse de [illegible] Rankine qu'il considère comme inapplicable à la [illegible] des cas pratiques.

[illegible] quatrième chapitre, l'un des plus intéressants de l'o[illegible] l'auteur fait application des principes exposés et des formules [illegible] dans le deuxième, aux diverses formes de murs, murs à [illegible] surplomb, courbes, à contreforts, murs de revêtement, [illegible] en aile, à mi-côte, en pierres sèches et enfin aux murs [illegible] d'eau et murs de quai.

[illegible] ces sortes de murs, l'auteur considère la résistance

sous tous les points de vue, et étudie aussi l'influence exercée par les principaux éléments qui entrent en jeu, tels que les densités, l'angle de frottement et les surcharges

Les résultats d'application des formules théoriques aux diverses formes de murs, sont mis en forme de tableaux qui permettent de juger avec clarté des variations que présente l'épaisseur selon les cas. L'examen de ces résultats conduit l'auteur à proposer des procédés et des formules empiriques simples, donnant l'épaisseur avec une grande facilité et pouvant remplacer les formules théoriques avec une approximation suffisante.

Le cinquième chapitre est exclusivement destiné aux grands barrages-réservoirs.

Après une indication sommaire des procédés de MM. Graef et Delocre, qui ont servi pour fixer la section du barrage du Furens, l'auteur expose en détail la marche qu'il a suivie et les calculs effectués pour projeter le barrage du Villar dont il a dirigé la construction, barrage servant à l'alimentation de Madrid et qui, par sa forme et ses dimensions, offre une grande analogie avec le barrage du Furens.

Il propose de même, pour ces sortes d'ouvrages, un procédé au moyen duquel on obtient rapidement la section avec une exactitude suffisante, surtout pour un avant-projet.

La manière de profiler les parements, la forme en plan de l'ouvrage et la section qu'il faut assigner au déversoir de surface, font l'objet de considérations d'un grand intérêt.

Après avoir passé en revue un grand nombre de barrages-réservoirs, anciens et modernes, construits en France et en Espagne, l'auteur termine le chapitre par l'examen des modifications que peut éprouver la résistance d'un barrage, calculé d'après le système de bandes horizontales, lorsqu'on donne à celles-ci une inclinaison normale à la résultante respective.

La théorie des voûtes est exposée dans le sixième chapitre qui se subdivise en six articles.

Le premier contient les principes de la théorie de Dupuit, que l'auteur considère comme théoriquement exacte et celle qui, parmi toutes les théories connues, se rapproche le plus de la réalité des faits, tout en faisant la part des modifications apportées par la pratique. Il réfute, en même temps, les objections faites à cette théorie, même celles qui se rapportent aux voûtes sans mortier, construites par les Romains.

... me article est relatif à la détermination de l'épaisseur ...

... diverses considérations qui font ressortir les difficultés qui ... aient pour pouvoir résoudre le problème par l'analyse. ... passe en revue les principales formules empiriques con... on propose une nouvelle, très simple, qui est comparée ... autres et avec les données d'un grand nombre de ponts ... Cet article se termine par une critique judicieuse des ... d'Yvon-Villarceau, de Mery et de Durand-Claye.

... me article a rapport à l'épaisseur des culées qui se ... de l'équation d'équilibre.

... seur des piles et l'influence de cette épaisseur sur le ... ntres à employer dans un pont à plusieurs ouvertures, ... l'objet du quatrième article.

... étudie dans le cinquième la forme de la courbe d'intrados, ... ment les avantages et inconvénients de la forme en arc ... et à anse de panier.

... ème et dernier article contient quelques généralités sur ... des courbes en anse de panier.

... le septième chapitre, l'auteur applique les principes expo... ... lement aux différentes formes de voûtes employées en ..., tout en considérant les dimensions les plus usuelles jus... ... Ces applications donnent pour résultat l'épaisseur des ..., qu'on dispose dans plusieurs tableaux, desquels l'auteur ... aussi de simples formules linéaires servant à déterminer ... r avec une exactitude suffisante.

... ème et dernier chapitre contient diverses applications ... aux ouvrages suivants : 1° Culées en maçonnerie destinées ... porter des travées métalliques en arc de cercle ou des poutres ... 2° Piles en maçonnerie pour les grands viaducs métal... 3° Tours et cheminées d'usine et murs d'édifice.

... nous l'avons dit, en commençant cette notice, l'ouvrage ... peut rendre de grands services aux praticiens, en leur ... ttant de fixer avec rapidité et sans tâtonnements la forme et ... d'une construction en projet. En même temps, il ... une étude approfondie des conditions de stabilité, par le ... de laquelle on peut juger théoriquement les résultats des ... pratiques proposées.

Madrid, 16 janvier 1890

CHRONIQUE

N° 122.

SOMMAIRE. — Les canaux maritimes en 1889 *(suite et fin)*. — Les ponts métalliques aux Etats-Unis. — Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — Production du pétrole. — Pont en béton. — Procédé de trempe de l'acier.

Les canaux maritimes en 1889 *(Suite et fin)*. — Le mémoire de M. Peary passe ensuite à l'examen des canaux maritimes actuellement en voie d'exécution dans les diverses contrées de l'ancien et du nouveau monde.

II. — Canaux en construction.

Canal de Corinthe. — Le canal de Corinthe a pour but de couper l'isthme de ce nom pour faire communiquer la mer Egée et le golfe de Lépante en transformant en île la presqu'île du Péloponèse.

L'isthme de Corinthe est une langue de terre dont la largeur n'excède guère 6 *km* et la plus grande hauteur 80 *m* au-dessus du niveau de la mer.

Les anciens avaient déjà apprécié l'utilité de ce percement et Néron l'avait entrepris; on trouve encore des traces très apparentes des travaux exécutés à cette époque, traces consistant en tranchées et en puits d'assez grande profondeur.

Ce n'est qu'en 1881 qu'une compagnie française s'organisa pour l'exécution du canal maritime et les travaux furent commencés en mai 1882.

Le tracé est en ligne droite, la longueur est de 6 400 *m*; on adopta une largeur de 22 *m* au plafond et de 24 à 45 *m* au plan d'eau suivant la nature du terrain, rocher ou terre plus ou moins consistante. La profondeur d'eau devait être de 8 *m*. La durée du percement était estimée à quatre années et la dépense à 25 à 30 millions de francs.

Ces prévisions ont été déjouées et l'entreprise a passé par une série de crises qui n'ont pas encore permis l'achèvement de ce travail.

On estime que le percement de l'isthme de Corinthe abrégera de 185 milles le trajet des ports de l'Adriatique à ceux de la Turquie et de l'Asie Mineure et de 95 milles le trajet des navires venant du détroit de Messine. Le trafic annuel est prévu à 4 500 000 tonneaux; le droit de passage serait de 1 *f* par tonneau pour les navires venant de l'Adriatique et de 0,50 *f* pour ceux en provenance de la Méditerranée.

Canal de la mer du Nord à la Baltique. — Ce canal qu'on appelle aussi *Canal de Holstein* est le travail le plus important de ce genre qu'il y ait jusqu'ici en Europe.

Bien que l'idée en soit déjà ancienne, ce n'est que vers 1878 qu'elle

... manière sérieuse. L'exécution fut décidée par voie ... juin 1886 et les travaux furent commencés officiellement 1887.

... est d'établir une communication maritime entre le ... la Baltique et celui de Brunsbüttel à l'embouchure de ... emprunte sur une partie de sa longueur le lit de l'Eider, ... et enfin le canal de l'Eider rectifié et aggrandi.

... totale est de 98 km environ. Les courbes ont un rayon ... 1 000 m. La largeur est de 25 m au plafond et de 60 m au ... une profondeur d'eau de 8,50 m, laquelle pourra être ... 9 m. On a prévu également l'élargissement du canal sur la ...

... niveau, mais avec écluse à chaque extrémité à cause ... les marées dont la dénivellation est de 0,50 m au-dessus ... du niveau moyen sur la mer Baltique, tandis qu'elle atteint ... l'embouchure de l'Elbe.

... il y aura trois écluses de 83 ... 12,5 m, 124 ... 25 m et ... m. Sur la Baltique il n'y en aura qu'une grande, laquelle ne ... exceptionnellement. Toutes ces écluses seront manœu... ... appareils hydrauliques.

... de chemins de fer et plusieurs routes franchiront le ... ponts tournants.

... total des terrassements a été évalué à 70 millions de m³ et les ... à 200 millions de francs. Sur cette somme on peut estimer à ... prix causé par le caractère stratégique donné à ce ... comparativement à ce qu'eût coûté un canal de navigation pure... ...

... n'est pas moins considérable à ce dernier point de ... passage par le canal de Holstein raccourcit de 237 milles le ... au sud et à l'ouest de Londres vers la Baltique et de ... ports allemands. En temps c'est de trente heures pour les ... quatre jours pour les voiliers, sans compter les dangers très ... navigation du Sund où il se perd en moyenne deux cents ...

... peut être évalué à 35 à 40 mille navires par an, représentant ... de 12 millions de tonneaux sur lesquels de 6 à 9 millions ... droit de 1 f par tonneau.

... le but principal de l'établissement de ce canal est, comme ... de concentrer rapidement la flotte allemande, soit ... Baltique, soit dans la mer du Nord.

...l de Manchester. — Ce canal a pour objet de faire un port mari... Manchester situé à 80 km de la mer et à 56 de la partie de la ... se fait sentir la marée. Il est probable que ce travail modi... ... les proportions considérables le mouvement actuel des ports ... que Liverpool, Hull et surtout Londres.

... l'idée de mettre Manchester en communication directe ... remonte à 1712. Mais c'est en 1882 que le projet fut lancé ... par les autorités et le commerce de Manchester ; il fut

naturellement non moins vigoureusement combattu au nom des intérêts de Liverpool et de la Mersey et par les Compagnies de chemins de fer qui, outre le tort qu'elle prévoyaient pour leur trafic, craignaient d'être obligées d'avoir à faire de grosses dépenses pour la modification de leurs tracés en vue du passage du canal.

Cette opposition arrêta pendant plusieurs années l'autorisation demandée et le bill ne passa au Parlement que dans l'été de 1887. Le capital fut immédiatement fourni et les travaux commencés et conduits avec la plus grande activité, de sorte qu'on peut espérer que la durée de quatre années prévue pour l'exécution ne sera pas dépassée.

La longueur du tracé est de 44 *km* environ entre Manchester et l'embouchure de la Mersey; cette longueur peut se diviser en deux sections: la première soumise à l'influence de la marée et s'étend de Eastham par la Mersey jusqu'à Rancorn, sur 19 *km* et ensuite à travers les terres. sur 13 *km*, jusqu'à Warrington. Dans cette partie la largeur au plafond est de 30,50 *m* et la profondeur à basse mer de 7,90 *m*.

La seconde section s'étend de Warrington à Manchester, distance 25 *km* ; la largeur y est de 30,50 *m* au plafond, 91,50 *m* au plan d'eau et 7 90 *m* de profondeur.

Il y a quatre série d'écluses, chacune composée de trois de grandeurs différentes avec des portes intermédiaires de façon à faire passer sans perte de temps les navires qui se présentent, quelles que soient leurs dimensions. La différence totale de niveau rachetée par ces écluses est de 18 *m*. Le cube total des terrassements est évalué à 36 millions de m^3 et la dépense à 150 millions de francs.

Il y a 15 000 ouvriers sur les travaux avec 70 excavateurs, 50 grues à vapeur, 150 locomotives et 5 000 vagons, etc. On enlève par mois environ 730 000 m^3.

Quant au trafic, il est assez difficile de fixer des chiffres un peu exacts, mais, en présence d'une contrée aussi manufacturière que les environs de Manchester dans un rayon assez considérable, laquelle reçoit des matières premières et fournit des produits fabriqués en quantités énormes, il ne parait pas y avoir de doutes que le canal de Manchester ne soit un succès tant au point de vue financier que sous le rapport technique.

Les canaux maritimes en voie d'exécution dans le Nouveau Monde sont les suivants .

Canal du Cap Cod. — Il y a déjà deux cents ans qu'on a eu l'idée de faire un canal à travers le cap Cod et il y en a cent qu'une étude complète a été faite de ce projet. Ce n'est cependant que depuis quelques années qu'on a commencé l'exécution et les travaux ont été menés avec peu d'activité.

Le tracé va de l'embouchure de la rivière Mounmet à un point situé au sud de Sagamore-Hill, sur la baie de Barnstable, sur une longueur de 12 200 *m* environ ; le point culminant du sol n'est qu'à 7. 50 *m* au-dessus du niveau des hautes mers.

Le canal doit avoir 60 *m* de largeur au plan d'eau et 7 *m* de profondeur aux basses mers. Il y a environ 14 millions de m^3 de terres à enle-

... dépenses sont évaluées à des totaux très différents, 15 millions ... suivant les uns et non moins du triple suivant d'autres. La ... des travaux est estimée à quatre ou cinq ans. Récemment, il y ... à peu près 3 km de creusés à la profondeur de 4, 50 m.

Le canal abrégera le trajet de Boston aux ports plus au sud de 70 à ... et économisera en moyenne trois jours de navigation pour ... voiles. Le trafic est évalué de 4 à 5 millions de tonneaux. Le canal du cap Cod a d'ailleurs une assez grande importance ... de vue militaire aussi bien qu'au point de vue commercial.

Canal de Harlem. — Ce canal, qui doit réunir la rivière de l'Est et ... par la rivière de Harlem et le Spuyten Duyvil-Creek, au ... de New-York, aura 13 km environ de longueur, 120 m de lar... et 4, 50 m de tirant d'eau.

Les premières études ont été faites en 1874 par le général Newton, ... plusieurs rapports dont le dernier date de 1881. En 1879, le Congrès vota deux millions de francs pour ce travail qui fut commencé en ... et est actuellement en voie de pleine exécution. On évalue la dé... totale à treize millions.

Le ... de M. P... cite encore deux canaux de minime importance : le *canal de Columbia* de 8 km de longueur, 45 m de largeur et 3,05 m ... et le *Canal des Cascades*, également dans la Caroline du ... 1 050 m avec deux écluses de 140 × 24 m.

... au canal de Nicaragua qu'on verra avec quelque sur... parmi les canaux en exécution, alors que le canal de Panama ... par l'auteur américain dans la catégorie des canaux en projet.

Canal de Nicaragua. — On sait que l'idée du percement de l'isthme de l'Amérique centrale remonte presque à la découverte du Nouveau Monde, ... projets prirent corps surtout lors de l'émancipation des colonies ... de la Centre-Amérique.

Sans insister sur les études précédentes, on rappellera que le gouvernement des États-Unis fit faire de 1870 à 1875 une exploration de l'isthme ... de Tehuantepec à l'Atrato pour déterminer le meilleur tracé à ... Le capitaine Lull, chef de l'expédition, proposa un projet de canal maritime interocéanique par le Nicaragua, ayant une largeur de ... 20 m au plafond et 30 à 50 m au plan d'eau avec 8 m de profondeur, ... 330 millions de francs.

... 1876 et 1880, M. Menocal qui avait été ingénieur de l'expédition ... par le capitaine Lull, reprit le projet de celui-ci et le présenta en 1885 avec des modifications très importantes. Des capitalistes américains obtinrent en 1887 une concession du gouvernement du Nicaragua ... à la fin de la même année, un personnel et un matériel importants furent envoyés sur place pour relever le terrain et piqueter le tracé du canal. On établit ainsi les projets et devis d'un canal ayant de 24 à 36 m de largeur au plafond et 24 à 100 m de plan d'eau avec une profondeur de 9 m. Les dépenses étaient évaluées à 330 millions de francs et la durée des travaux à cinq ans.

Le dernier Congrès passa un bill d'incorporation de la Compagnie avec

un capital de 500 millions de francs pouvant être élevé à un milliard et les travaux ont déjà commencé.

La distance d'une mer à l'autre par le tracé adopté est de 272 *km*, mais, sur cette largeur, à peine 50 *km* doivent constituer le canal proprement dit; le reste est formé de lacs, lagunes et rivières. Sous ce rapport le canal offre une grande ressemblance avec le canal Calédonien. Le faite se trouve à 33 *m* au-dessus du niveau de la mer. Il y aura six écluses. Une des parties les plus importantes de ce travail est l'endiguement de la rivière San-Juan sur une longueur de 100 *km*, et celui des lagunes sur une longueur assez grande. On évalue la durée du transit d'une mer à l'autre à 28 heures et l'importance du trafic dès l'ouverture à 6 millions de tonnes par an, mais on ne peut apprécier le développement que le trafic est appelé à prendre parce qu'il n'existe pas de précédent utile à invoquer.

Le canal de Suez a abrégé le parcours pour aboutir à des régions relativement en plein développement, et son trafic est dû principalement à l'avantage que la navigation trouve à ce raccourcissement.

D'autre part, le canal de Saint-Mary est le seul débouché de régions dont le développement n'a été rendu possible que par la création de cette voie navigable.

Le canal de Nicaragua se trouve réunir les conditions de chacune de ces voies dont le succès a été si colossal; il offrira un raccourcissement énorme à un trafic qui est déjà d'au moins 6 millions de tonnes et développera en outre ce trafic dans des conditions qu'il est impossible de prévoir.

On peut rappeler comme base d'appréciation que le trafic du canal de Saint-Mary, qui était de 1 1/2 millions de tonnes en 1881, avait déjà atteint 4 1/2. soit le triple en 1886, soit cinq ans plus tard. Si on fait une proportion en prenant comme base le lac Supérieur, d'une part, et l'océan Pacifique de l'autre, on peut se faire une idée du trafic relatif probable des deux canaux.

Nous ferons observer que l'auteur américain est absolument muet sur le mode d'organisation des travaux, leur état d'avancement, les installations, etc. Il se borne à indiquer que les travaux sont commencés *(the work of construction has already commenced)*.

III. — Canaux en projet.

Le mémoire de M. Peary mentionne avec plus ou moins de détails un très grand nombre de projets dont les uns ont été proposés sérieusement et les autres beaucoup moins et dont l'importance varie beaucoup.

Ainsi dans l'ancien monde figurent : le canal de Birmingham à la mer avec plusieurs tracés; le canal du Great Western, le canal de Newcastle entre la Tyne et le golfe de Solway, le canal d'Écosse reliant la Clyde au Forth, le canal d'Irlande entre Galway et Dublin, le canal de l'Océan à la Méditerranée ou canal des Deux-Mers, le canal de la mer du Nord à la Méditerranée ou de Calais à Marseille, le canal de Bruxelles, le canal de Bruges, le canal de Paris à Boulogne ou Grand Canal du Nord, le canal entre la Méditerranée et l'Adriatique à travers l'Italie, le canal de la Baltique à la mer Noire reliant l'Oder au Danube, le canal

[illegible] reliant la mer Noire à la Caspienne, le canal de Pere- [illegible] de Palestine entre la mer Morte et la Méditerranée, le canal [illegible] Méditerranée au golfe Persique, le canal de l'isthme de Malacca [illegible] Krau et enfin le canal de Ceylan.

[illegible] le Nouveau Monde, M. Peary indique une foule de projets [illegible] cite en première ligne le canal de Panama. Nous croyons [illegible] suivre l'auteur dans ses appréciations sur ce travail qu'il con- [illegible] point de vue tout américain.

[illegible] les plus curieux est celui d'un canal à travers la Flo- [illegible] abrégerait de 500 milles le trajet de New-York à la Nouvelle- [illegible] 112 celui de ce dernier port à Liverpool.

[illegible] un projet colossal consistant dans l'établissement [illegible] de grande navigation reliant la Caroline à Boston en [illegible] par New York, Philadelphie, Baltimore et Norfolk, projet dont [illegible] est surtout stratégique.

Les ponts métalliques aux États-Unis. — Nous trouvons [illegible] de sortie, prononcé par M. Joseph M. Wilson, prési- [illegible] *Engineers Club* de Philadelphie, discours entièrement consacré [illegible] la construction des ponts, quelques aperçus qu'il nous [illegible] de reproduire au sujet des ponts métalliques.

[illegible] n'a aucune notion sur la durée des ponts en métal. Il [illegible] quelques ponts construits dans ce genre en fonte, lesquels [illegible] existence et sont en bon état. Le renouvellement des ponts [illegible] fréquemment sur les chemins de fer en Europe et en [illegible] non pas par la destruction de ces ouvrages, mais [illegible] sont devenus insuffisants pour le poids du matériel qui a [illegible] de 50 % depuis la construction de ces ponts; quelques- [illegible] a été causé par des défauts dans la construction [illegible]

[illegible] un fait tout à l'honneur des ponts métalliques que [illegible] dans de pareilles circonstances, surtout si on considère [illegible] des cas, on avait établi ces ouvrages en faisant travailler [illegible] degré élevé pour réduire la dépense. Cette leçon ne doit [illegible] pas être perdue, et sur les principales lignes de chemins de fer, [illegible] de résistance aux diverses parties des ponts en vue [illegible] futur possible des charges roulantes.

[illegible] chute des ponts métalliques est amenée par des défauts de [illegible] provenant de ce que celle-ci a été confiée à des personnes [illegible] et qui trop fréquemment aux États-Unis prétendent sans [illegible] connaître à l'établissement de ces ouvrages. Ceci n'est [illegible] pas particulier aux ponts métalliques. On cite l'exemple du [illegible] de Pont-y-tu-Pridd, dans le pays de Galles, qui fut refait [illegible] avant qu'il pût tenir, par le même architecte assurément plus [illegible] pour sa persévérance que pour son talent.

[illegible] cristallisation du fer sous des efforts prolongés, qu'on a souvent [illegible] avant, n'est pas confirmée par les faits. L'auteur a pris des échan- [illegible] sur des ponts en service depuis vingt-cinq ans et soumis à une [illegible] extensive, et le fer a donné à l'essai de résistance d'aussi bons [illegible] qu'on eût pu en attendre de métal neuf. L'apparence cristal-

lisée d une cassure provient souvent de la manière dont la cassure a été opérée et il faut être très expérimenté pour juger de cette question.

La conservation des ponts métalliques ne peut être assurée que par de grands soins. La peinture est un point très important, et elle est généralement très négligée. Avec trois bonnes couches de peinture à la construction, le renouvellement tous les six ou sept ans est nécessaire.

Il a été lu à la section B de l'Association britannique, en septembre 1886, un mémoire sur les « Accidents de ponts en Amérique » qui pourrait induire en erreur sur cette question. Il est dit dans ce mémoire que dans les dix années précédentes, il n'y a pas eu, dans les États-Unis et le Canada, moins de 251 chutes de ponts métalliques de chemins de fer, chutes dues à diverses causes, mauvaise construction, excès de charge, collisions, etc. Sur ce nombre, 57 accidents étaient dus à des déraillements, rupture d'essieux, etc. 30 étaient des chutes absolues, dans 96 cas la cause était incertaine, et 5 des accidents étaient produits pendant les réparations.

Pour être équitable et ne pas tirer de ces faits une conclusion exagérée, il faut tout d'abord considérer que, sur la longueur totale de chemins de fer existant dans le monde que l'on peut évaluer à 560 000 *km*, les États-Unis et le Canada en comptaient à peu près 260 000 contre 32 000 pour la Grande-Bretagne.

La proportion de 251 accidents pour les premiers, serait donc de 31 pour les secondes pour dix années. La catastrophe du pont de la Tay contribuerait dans une certaine mesure à amener l'équilibre, surtout si on faisait entrer en ligne de compte la longueur des ouvrages détruits. On dira que cet accident a été amené par une tempête, mais il y avait un train sur le pont et on peut constater aujourd'hui que la construction eût pu être faite de manière à prévenir ce qui est arrivé.

Sans avoir de prétention à l'exactitude, on peut dire, par voie d'approximation, qu'en moyenne il tombe un pont par 800 *km* en dix ans aux États-Unis et dans le Canada. Si on connaissait exactement la répartition des accidents sur les diverses lignes, on trouverait bien certainements que les ponts des lignes principales donnent des chiffres bien audessous de la moyenne.

Quant aux 57 ponts dont la chute est indiquée comme provoquée par un déraillement ou circonstance analogue, il semble difficile d'en rendre responsable le constructeur de l'ouvrage.

Il est certain que, dans le service des chemins de fer, toutes les divisions doivent chercher à contribuer dans la mesure du possible à prévenir les accidents de pont, et que, d'autre part, le constructeur des ouvrages de ce genre doit aussi chercher à empêcher les accidents du matériel de compromettre leur sûreté, On doit établir les tracés de manière à mettre autant que possible les voies à la partie supérieure des ponts où des planchers solides peuvent être établis. Si on met les voies à l'intérieur des poutres, il devient difficile de donner à celles-ci assez de raideur transversale pour empêcher les conséquences graves de leur choc par un train décaillé.

L'auteur croit que, si on demandait au service du matériel autant de surveillance qu'on en exige de ceux qui font les ponts, ou sont chargés

[illegible] entretien, il y aurait bien moins d'accidents. Ce sont les essieux [illegible] de l'attention, bien plus que les ponts.

[illegible] ce point, on peut dire que trop de ponts aux Etats-Unis [illegible] construits, il y a une vingtaine d'années, avec un dédain absolu [illegible]. Si on avait apporté toujours et partout le soin dans les études [illegible] la préparation des cahiers des charges, la surveillance des travaux [illegible] on trouve aujourd'hui dans quelques-unes des grandes lignes de [illegible] de fer, en Amérique, on ne se trouverait pas en présence d'une [illegible] aussi douloureuse d'accidents.

[illegible] la manière d'opérer qui a prévalu pendant la période [illegible] indiquée, on ne peut guère s'étonner du grand nombre [illegible], on pourrait au contraire s'applaudir que ce que la [illegible] pas beaucoup plus longue.

Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — [illegible] industrielle de Mulhouse a publié en fascicule séparé une [illegible] et documents qui lui ont été présentés par notre collègue, [illegible] sur le chemin de fer de Mulhouse à Thann, à l'occasion [illegible] de cette première ligne alsacienne, inaugurée le [illegible] 1839.

[illegible] fut étudiée et construite par M. Bazaine, alors ingénieur [illegible] des Ponts et Chaussées, pour M. Nicolas Koechlin, qui en était [illegible].

[illegible] intéressant de reproduire la partie de cette notice relative [illegible] roulant; elle contient des renseignements utiles relatifs [illegible] pas de l'industrie de la construction des locomotives [illegible].

[illegible], année où le chemin de fer de Mulhouse à Thann fut mis en [illegible] chemins de fer livrés à la circulation, de Paris à Saint-[illegible] à Versailles (rive droite), et de Montpellier à Cette, n'avaient [illegible] locomotives anglaises (constructeurs Jackson, Sharp, [illegible] Stephenson), le chemin de fer de Versailles (rive gauche) en [illegible] 16 locomotives, dont 14 anglaises et 2 françaises construites [illegible] 1

[illegible] à partir de 1840 qu'on vit en France, en dehors de l'Alsace, apparaître [illegible] machines françaises (constructeurs, Creusot, Stehelin et [illegible]).

MM. [illegible] Koechlin et frères, concessionnaires et entrepreneurs à [illegible] construction des chemins de Mulhouse à Thann et de Strasbourg à Bâle, voulurent, dès le premier jour, en amis éclairés de leur [illegible] construction du matériel roulant de ces chemins de fer fut [illegible] nationale et principalement alsacienne. C'est une nouvelle

[illegible] ce qui est dit dans ce paragraphe soit tout à fait exact [illegible] du Mécanicien conducteur de [illegible], de Flachat et Petiet [illegible] en 1840, [illegible] tableau [illegible] Saint-Germain et Versailles [illegible] machines françaises dont [illegible] et Huber, deux du Creusot et une de [illegible]

[illegible] un tableau contenu dans l'ouvrage de [illegible] Origine [illegible], pour 1842, vingt et une locomotives [illegible] dans le matériel du chemin de fer de Saint-Germain et des deux chemins [illegible]

branche de travail que M. Nicolas Koechlin apportait à l'Alsace et où elle devait recueillir des succès comme elle l'a fait déjà dans tant d'autres.

M. Nicolas Koechlin avait pris l'engagement de livrer, pour l'exploitation des chemins d'Alsace, un matériel important en voitures de voyageurs et wagons de marchandises et *dix-huit* locomotives, dont deux pour le chemin de fer de Mulhouse à Thann et seize pour la ligne de Strasbourg à Bâle.

Ce nombre de machines ayant été reconnu insuffisant pour le service, la Compagnie de Strasbourg à Bâle, qui avait pris à sa charge l'exploitation du chemin de Mulhouse à Thann, fit la commande de onze autres machines, ce qui porta leur nombre à *vingt-neuf*.

S'associant à la pensée de M. Nicolas Koechlin, la Compagnie de Strasbourg à Bâle fit cette commande à des constructeurs alsaciens.

Voici un passage d'une lettre de M. Bazaine adressée à la Compagnie le 15 mars 1842 et qui résume la situation :

« MM. Nicolas Koechlin et frères, et vous aussi Messieurs, vous avez désiré commander en France vos machines et vous aurez ainsi, plus que toute autre Compagnie de chemins de fer, l'honorable avantage d'avoir contribué à établir dans ce pays une industrie toute nouvelle ***qui aura bientôt une très grande importance.*** »

« Les chemins de fer d'Alsace, sur 29 machines, n'en auront que 3 d'Angleterre. Les 26 autres sont faites en France et 25 en Alsace même. Ce sont les seules lignes en France où l'on emploie en aussi grande proportion des machines françaises. Cette remarque me parait avoir quelque importance. Machines françaises, personnel indépendant de l'Angleterre et de la Belgique et recruté presque entièrement en Alsace où nous l'avons formé à mesure que s'exécutait le réseau de ses chemins, voilà ce qui distingue honorablement les chemins de fer d'Alsace. Chaque jour leurs machines et voitures parcourent trois cents lieues avec une régularité aussi parfaite qu'ailleurs et vous avez pu voir que les dépenses d'entretien de ce matériel n'ont rien qui excède celles faites sur d'autres lignes. »

De ces 29 locomotives :

3 ont été commandées à MM. Sharp-Roberts, en Angleterre, et livrées en 1839 ; elles devaient servir de types pour la construction des autres machines ;

1 a été commandée au Creusot et livrée en 1839 ;

3 ont été commandées et livrées en 1839 par MM. Stehelin-Huber et Cie, de Bitschwiller ;

20 sont sorties des ateliers André Kœchlin et Cie, de Mulhouse, en 1839, 1840 et 1841 ;

2 ont été commandées, sur les propositions de MM. Bazaine et Chaperon, aux ateliers J.-J. Meyer, de Mulhouse, et livrées en 1842. Elles furent les premières auxquelles J.-J. Meyer appliqua avec succès le système de détente variable de son invention.

Toutes ces machines étaient à trois essieux et à roues libres, sauf une seule à trois essieux dont deux couplés (la machine *Thann*, de Stehelin et Cie.

[illegible] *des roues motrices :* généralement 1,675 m ; pour 9 machines [illegible] pour les machines Meyer 1,85 m.

[illegible] des cylindres : 0,33 m pour 8 machines ; 0,305 pour les autres, [illegible] machines Meyer dont les cylindres avaient 0,38 m de [illegible]

[illegible] *du piston :* 0,48 m généralement.

[illegible] *des machines vides :* 13 à 14 tonnes.

[illegible] *des tenders :* vides, 4 500 à 5 000 *kg* ; pleins, 9 000 à 10 000 *kg*.

[illegible] *en atmosphères :* 4 1/2 à 5.

[illegible] *de chauffe :* 44 à 43 m².

[illegible] machine alsacienne, le *Napoléon*, sortie des ateliers André [illegible] qui fit le premier voyage de Mulhouse à Thann. [illegible] constructeurs, mais on lui reprocha, à elle [illegible] qui suivirent, une consommation de combustible [illegible] des machines anglaises. Ces dernières brûlaient 11 à [illegible] par kilomètre parcouru, le *Napoléon* et autres en brû[illegible] le coke coûtait au moins 60 *f* la tonne, la dépense en [illegible] à 0,84 *f* par kilomètre parcouru, ce qui était un [illegible] qui heureusement subit des réductions.

[illegible] anglaises avaient une surface de chauffe de 41 à 42 m², [illegible] foyer et 36 à 37 pour les tubes. Le *Napoléon* avait 53 m² de [illegible] chauffe, dont 6 de foyer et 47 de tubes. On réduisit la surface [illegible] de ces premières machines par le relèvement de la grille [illegible] obtint une diminution dans la consommation de com[illegible]

[illegible] modification importante a été introduite à la même époque [illegible] motives. On a donné du recouvrement aux tiroirs de distri[illegible] le système Sharp Roberts, afin d'obtenir plus de détente, [illegible] sensiblement la puissance de la machine. Cette modifi[illegible] surtout aux machines à cylindres de 0,33 m, amena [illegible] économie dans la consommation de combustible et de [illegible] C'est ainsi que le *Rhin*, machine d'André Kœchlin et Ce, a [illegible] consommation de 11,75 *kg* à 8,21 à la suite des deux modi[illegible] il vient d'être parlé.

[illegible] J.-J. Meyer, avec leur détente variable et leurs autres [illegible] consommaient 33 0/0 de moins que les autres machines. [illegible] remarquable fut le signal d'autres améliorations dues à [illegible] excita entre les mécaniciens et les constructeurs. [illegible] de 1839 à 1843, on obtint pour la consommation de [illegible] allumage et stationnement compris, les chiffres successi[illegible] 14 *kg* — 12,30 — 11,18 — 9,44 — 8 et 6,36 *kg* par [illegible]

[illegible] pourront être plus étendus en parlant de la [illegible] à Bâle.

[illegible] payé pour une locomotive avec son tender peut être [illegible] *f*. C'est à ce prix environ que sont revenues les machines [illegible] en y comprenant les frais de transport en Alsace.

MM. [illegible] Kœchlin et frères ont fait venir de Belgique une dili[illegible]

gence, un char-à-bancs et un wagon en usage sur les chemins de fer belges, afin de servir de types. Ils ont commandé une berline à Paris. Tout le reste du matériel roulant a été commandé en Alsace.

Les planches 59 et 60 de l'atlas des *Chemins de fer d'Alsace* représentent les voitures de voyageurs de 1re et 2e classe. Les voitures de 3e classe ne diffèrent des chars-à-bancs que parce qu'elles étaient découvertes.

Les voitures de voyageurs ne pesaient guère que 3000 à 3300 *kg*. Les premiers wagons à marchandises ne pesaient guère plus de 2500 *kg*: c'étaient les poids du matériel employé en Belgique.

Production du pétrole. — La production totale du pétrole dans le monde peut être estimée actuellement à 2 milliards de gallons, ce qui équivaut environ à 6 millions de tonnes, dont la moitié est fournie par les États-Unis.

La région de la mer Caspienne produit environ 420 millions de gallons, soit un peu plus d'un quart ; le reste est fourni par diverses contrées dont les plus importantes sont la Gallicie pour 36 millions de gallons, le Canada pour 25, la Birmanie pour 7, etc.

L'exploitation commence seulement au Canada et en Birmanie, et il est impossible de prévoir le développement qu'elle peut atteindre dans ces contrées, dès que les moyens de transport s'y seront perfectionnés. Le bassin pétrolifère de la rivière Mackensie est probablement le plus riche du monde, mais il est à 400 milles au nord du *Pacific Canadian* et sans communication directe avec lui. Dès que les difficultés du transport auront été écartées et qu'on pourra avoir l'huile à bon marché, elle deviendra évidemment dans tout le Canada et la région voisine des États-Unis un formidable rival pour le charbon, notamment pour les usages métallurgiques où son absence de soufre la rendra d'un usage précieux.

Pont en béton. — Le Bulletin de la *Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche* donne des détails sur un pont de chemin de fer établi dans le système Monier, à Matzleinsdorf, dans la Basse-Autriche.

Le système Monier est caractérisé par l'insertion dans le béton le treillis métallique formé de fils de fer entrelacés.

Le pont dont il est question a 10 *m* d'ouverture libre, 1 *m* de flèche, 0,15 *m* d'épaisseur à la clé et 0,20 *m* aux naissances. Dans le béton est noyé un treillis de fils de fer entrelacés de 10 et 7 *mm* de diamètre. Ce treillis s'arrête à 0,02 *m* de l'intrados de la voûte.

Le béton est composé de une partie de ciment de Portland et de trois parties de sable du Danube lavé, on le met par couches de 0,20 *m* d'épaisseur, et on le pilonne.

L'épreuve a été faite d'abord avec une charge de rails, puis avec un train. Les observations faites à huit endroits de l'intrados ont fait constater une flexion de 2 *mm* environ qui a disparu presque entièrement après l'enlèvement de la charge. La Compagnie de la *Sud-Bahn*, sur les lignes de laquelle se trouve ce pont, va en faire établir d'autres dans le même système.

Procédé de trempe de l'acier. — Le capitaine C. Feodosieff, de P... inspecteur des matériaux employés dans les construc... du gouvernement russe, a proposé d'employer la glycérine ... la trempe que pour le recuit de l'acier, de l'acier coulé et de la

... de la glycérine peut être variée de 1,08 a 1,26 à 15 degrés ... par l'addition d'une plus ou moins grande quantité d'eau, ... de l'acier et le but a réaliser. Il faut un poids de ... a six fois au moins celui des pièces a y plonger; la tem... peut être portée de de 15 a 200 degrés, selon la nature ... exécuter. On peut ajouter a la glycérine divers sels pour ... recherché. Ainsi, pour les trempes dures, on peut ... 1 a 3 0/0 de sulfate de manganèse, ou 1 à 4 0/0 de sulfate ...

... trempes douces, on additionne la glycérine de 1 a 10 0/0 de ... manganèse ou de 1 a 4 0/0 de chlorure de potassium.

... procédé est décrit en détail dans un mémoire lu récemment par M. W. ... Smith, a l'*University College*, a Londres.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1889.

Rapport de M. VOISIN BEY sur **un nouveau type de brise-lames**, ou digue à la mer, présenté par M. NIELLY.

L'objet de ce brise-lames est de détruire, par l'absorption, les effets désastreux de la vague en avant même de l'ouvrage et dans l'endroit qui reçoit le premier choc. Il est formé d'un grillage en fer ou en bois disposé d'une façon particulière.

Le rapporteur estime que l'idée du brise-lame absorbant imaginé par M. Nielly repose sur une conception ingénieuse et que l'efficacité du nouveau type d'ouvrage, au point de vue, de l'amortissement des lames parait probable, tout au moins autant qu'il est permis d'en juger d'après les résultats d'expériences faites sur un modèle au centième.

S'il ne parait pas susceptible d'être appliqué pratiquement dans la construction des môles d'abri des ports, il pourrait trouver d'utiles applications pour d'autres ouvrages, tels que les talus brise-lames, ou les travaux de défense des côtes contre la mer.

Rapport de M. SCHLEMMER sur la notice intitulée **Matériel destiné à l'enseignement de la géométrie descriptive et de la perspective** par M. ARMENGAUD ainé.

Ce matériel se compose de deux appareils principaux qui sont : 1° un dièdre constituant les plans de projection formé de tôles noircies perforées d'un très grand nombre de trous ; 2° des fils de caoutchouc représentant les droites ou les génératrices des surfaces.

Les deux tôles assemblées à charnières, lorsqu'elles sont à angle droit, permettent de tracer les projections et, lorsqu'elles sont ensuite rabattues dans le même plan, donnent l'aspect du tracé géométrique de l'épure. Les plans auxiliaires peuvent se faire également en tôle perforée et être disposés à charnière pour permettre le rabattement.

Rapport de M. PRILLIEUX sur **le pulvérisateur** de M. BOURDIL.

Ce pulvérisateur, destiné au traitement de la vigne par le mélange de lait de chaux et de sulfate de cuivre connu sous le nom de bouillie bordelaise, est formé d'une canule métallique enveloppée par une gaine en caoutchouc et terminée par un biseau triangulaire. L'appareil est monté directement sur un corps de pompe. Le liquide, chassé par la pompe est laminé entre la canule, la membrane élastique et le biseau et sort en lame pulvérulente. Les essais faits avec de la bouillie à 6 0/0

... de chaux ont donné des résultats très satis-

Production mécanique et utilisation du froid artificiel par M. G. Richard, ingénieur civil des Mines. (suite).

... de janvier 1890, page 130.

Progrès accomplis dans l'application de la force hydraulique, par G. Cochrane. (Traduit de l'*Institution of Mechanical* ...

Trempage de l'acier par l'électricité. (Traduit de l'*Engineer*...

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Novembre 1889.

... **fondations à l'air comprimé du nouveau port de La Pallice**, à La Rochelle, par MM. Thurninger, Ingénieur des ponts et chaussées, et Coustolle, Ingénieur des ponts et chaussées.

... les travaux du port de La Pallice, entrepris en vertu de ... 2 avril 1880, comprend :

... d'un bassin à flot de 11,5 *h* de superficie, creusé à 4 *m* de profondeur ... quais verticaux et munis de ... d'une écluse à sas de 22 *m* de largeur et 165 *m* ... et enfin d'un avant-port abrité par deux jetées en ... jusqu'aux fonds de 5 *m* sous les plus ... aux fonds de 2,50 *m* en laissant ... une passe d'entrée de 90 *m* de largeur.

... est de rendre compte de l'emploi de l'air comprimé ... des jetées dont il vient d'être question.

... au delà de la laisse des plus basses mers ... jusqu'aux fonds de 5 *m* pour la jetée sud, et de 108 *m* ... 2,50 *m* pour la jetée nord, devaient être fondées sur ... de 20 *m* environ de longueur, 8 de ... variable suivant la cote d'implantation ... portant sur le fond ... de rocher vif.

... à la cote 1,50, devaient être ... et recevraient le corps de la jetée.

... fondation furent construits sur place par ... et Ferrier, avec l'aide d'un caisson ... convenablement lesté ... de travailler à sec.

... avait 22 *m* de longueur, 10 de large et 3,80 *m* de hauteur.

il était divisé dans le sens vertical en deux parties, la chambre de travail à la partie inférieure et une chambre d'équilibre étanche au-dessus, laquelle chambre pouvait être remplie d'eau ou d'air suivant que l'appareil était échoué ou qu'il flottait.

Quatre cheminées partaient de la chambre de travail, traversaient la chambre d'équilibre, s'élevaient jusqu'au-dessus d'une plate-forme supportée par une charpente métallique montée sur le caisson et se terminaient par des écluses à air.

Voici comment on a procédé au moyen de ce caisson. Celui-ci étant échoué a la place convenable, on commence par déblayer les premières couches de roche tendre, toujours plus ou moins fissurées et désagrégées, pour mettre à découvert un banc de rocher suffisamment résistant où l'on implante le bloc en exécutant une première couche de maçonnerie de 0,70 à 0,80 *m* d'épaisseur. Cette couche terminée, on soulève le caisson de 0,40 *m* environ au moyen de puissants vérins, placés et manœuvrés dans la chambre de travail, qui prennent leur point d'appui sur la maçonnerie déjà exécutée; on fait une seconde couche de 0,40 d'épaisseur. et ainsi de suite jusqu'au niveau des basses mers. Le bloc achevé, on déleste le caisson, on le fait flotter et on le conduit à l'emplacement du bloc suivant.

Les blocs une fois terminés ont été rendus jointifs par un procédé consistant à prolonger la voûte qui recouvre l'entre-deux jusqu'à l'aplomb des parements longitudinaux des blocs, à percer cette voûte d'une ouverture recevant une cheminée terminée par une écluse à air, à fermer l'intervalle par des panneaux métalliques reliés par des tirants, et à introduire de l'air comprimé dans la chambre ainsi formée dont tous les joints ont été préalablement étanchés. On remplit alors de maçonnerie l'intervalle des blocs.

La dépense par mètre courant de fondation arasée à la cote 1,50 ressort, pour la jetée sud établie par fonds de 0 à 2,50 *m* à 3 006 francs par mètre courant, pour la jetée nord établie par fonds de 0 à 5 *m* à 3 713 francs, soit, pour l'ensemble des deux jetées, à 3,522 francs.

Cosnier et les origines du canal de Briare, par M. Léon Gigun, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le canal de Briare est le premier de tous les canaux à point de partage qui ait été construit en Europe. Il fut concédé à Hugues Cosnier par lettres patentes du 11 mars 1604, moyennant la somme de 505 000 livres à payer à l'adjudicataire en six payements égaux, de six mois en six mois, les travaux devant durer trois ans. Mais le tracé primitif dut être modifié et les conditions de l'adjudication se trouvant complètement changées. au lieu d'un forfait, Cosnier obtint que ses ouvrages seraient « payés selon leur juste valeur ».

Après la mort de Henri IV les travaux furent suspendus et la mort de Cosnier survenue en 1629 ne lui permit pas d'achever lui-même le canal qui fut terminé en 1642, par une compagnie fondée par Guillaume Boutheroue et Jacques Guyon.

On trouvera, dans la notice dont nous nous occupons, de curieux détails sur les difficultés que rencontraient à cette époque les entrepreneurs de

[illegible] publics pour accomplir leur tâche, en présence de l'hostilité des [illegible] riverains.

[illegible] que le canal de Briare a été racheté par l'État en 1860 et a [illegible] depuis cette époque aux dimensions que comportent aujourd'hui [illegible] voies navigables.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — 1er février 1890.

[illegible] moteurs à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par [illegible]

[illegible] la plus convenable de l'eau dans les conduites pour les éléva[illegible], par P. Willner.

[illegible] dans la construction des machines-ou[tils]. I. Machines à [illegible] 2 machines à forger, par H. Fischer.

[illegible] du Rhin inférieur. — Fabrication du sucre de betteraves.

[illegible] de Thuringe. — Chaudières système Vouhof.

[illegible] générale de l'Association des maîtres de forges allemands à [illegible] le 12 janvier 1890 : Introduction de wagons d'un tonnage [illegible] sur les chemins de fer de l'État prussien. — Substitution [illegible] au coke dans les hauts fourneaux.

[illegible].

Bibliographie. — Distribution des machines à vapeur, par E. Blahn.

[illegible] — Chemin de fer de la Jungfrau. — Pont dans le système [illegible] — [illegible] mathématique de Hambourg.

N° 6. — 8 février 1890.

[illegible] de fer du Hollenthal, par H. Bissinger.

[illegible] moteurs à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par [illegible].

[illegible] dans la construction des machines-outils. — III. Ma[chines] à raboter, par P. Willner.

[illegible] de Berlin. — Carboline. — Distribution de force motrice par [illegible] à Paris.

[illegible] de Mannheim. — Exposition universelle de Paris en 1889. — [illegible] funiculaire de Heidelberg.

[illegible].

[illegible] — Garnitures de presse-étoupes. — Exposition d'appareils [illegible] des accidents, à Amsterdam.

N° 7. — *15 février 1890.*

Chemin de fer du Hollenthal, par H. Bissinger *(fin)*.

Vitesse la plus convenable de l'eau dans les conduites pour les élévations d'eau, par P. Wilner *(fin)*.

Ventilation artificielle des navires et des chambres de chauffe, par Uthemann.

Calcul de la dépense de vapeur d'une machine, par R. Krause.

Prix décerné pour un monte-courroies.

Groupe de Mannheim. — Extraction du soufre des marcs de soude.

Groupe de Thuringe. — Suppression de la fumée dans les villes.

Patentes.

Bibliographie. — État du service des patentes d'invention dans le monde de 1887 à 1889, par A. Bojanowski. — Manuel de dynamique des corps solides, par R. Klimpert.

N° 8. — *22 février 1890.*

Le nouveau bateau à vapeur *Stadt Luzern*, du lac des Quatre-Cantons, par Escher, Wyss et C[ie], à Zurich.

Changement de marche pour machines et notamment locomotives compound avec réglage automatique des admissions convenables aux deux cylindres pour les deux sens de la marche, par M. Kuhn.

Moteur à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par H. Ebbe *(suite)*.

Calcul des efforts qui s'exercent sur les diverses parties des chaudières, par O. Knaudt.

Recherches sur les propriétés du métal magnolia, au point de vue de son emploi dans la construction des machines.

Patentes.

Bibliographie. — Annuaire de l'industrie du papier, par le D[r] E. Muth

Correspondance. — Réducteurs de course pour indicateurs. — Augmentation de la pression dans les machines compound.

Variétés. — Coup d'œil sur la marche des écoles techniques supérieures de l'empire allemand pendant le semestre d'hiver de 1889-90. — Navigation sur les canaux. — Travaux de Hambourg. — Exposition d'art militaire. — Pont du Forth.

BIBLIOGRAPHIE

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris 1889, par J. Buchetti. Un volume in-4° avec album de 40 [illegible], chez l'auteur, 11, rue Guy-Patin, à Paris.

[illegible] de M. Buchetti son nouveau livre *les Machines à vapeur* [illegible] *universelle de 1889*. On sait que notre collègue s'est [illegible] plusieurs années une réputation méritée par la publica[illegible] d'ouvrages sur la grande question des machines à vapeur [illegible]

[illegible] premier en date, *les Machines à vapeur actuelles*, a paru peu après [illegible] universelle de 1878 ; c'est en réalité un traité complet de la [illegible] des moteurs à vapeur ; tous les systèmes connus alors y [illegible] en détail avec les calculs d'établissement et de résistance, [illegible] etc.

[illegible] a été complété un peu plus tard par un *Supplément* don[illegible] de quelques types de machines apparus postérieu[illegible] la publication du *Traité* ; on y trouve, entre autres, signalée [illegible] la triple expansion aux moteurs fixes.

[illegible] a fait paraître un *Guide pour l'essai des machines à* [illegible] d'une grande utilité pratique dont nous avons rendu [illegible] des Ingénieurs civils dans la séance du 10 avril 1885. [illegible] remplissait à notre avis une véritable lacune en réunissant la [illegible] et les indications les plus complètes relativement à l'usage [illegible] servant aux expériences pratiques sur les moteurs à vapeur, [illegible] indicateurs, freins dynamométriques, etc., des systèmes les plus [illegible] et les plus variés.

[illegible] que nous présentons aujourd'hui *les Machines à vapeur à* [illegible] *universelle de 1889*, a pour objet de faire connaître les types [illegible] qui figuraient en si grande quantité à cette magnifique solen[illegible], scientifique et industrielle qui a surpassé en importance [illegible] que le monde avait vu jusque-là d'analogue. Nous ne saurions [illegible] même approximativement, le nombre de moteurs à vapeur [illegible] la galerie des machines, les stations d'éclairage, les [illegible] auxiliaires, les annexes, etc. Il est certain que cette collec[illegible] tout ce qu'on pouvait imaginer par le nombre et la variété [illegible] on y trouvait réunies, pour ne parler que de deux exem[illegible] aux extrémités, pour ainsi dire, de l'échelle : la classique ma[illegible] de Woolf, à marche lente et majestueuse, exposée par [illegible] rouennais M. E. W. Windsor, jusqu'à la rapide machine

pilon ramassée sur elle-même et actionnant directement une dynamo.

Il n'est pas besoin d'insister longuement sur l'importance du service que M. Buchetti rend aux constructeurs et aux ingénieurs en publiant un ouvrage de ce genre. En dehors de l'avantage que trouvent les intéressés a posséder l'anatomie d'un appareil qu'on ne pouvait, sauf exception, apprécier à l'Exposition que par sa disposition générale et extérieure, le fait d'avoir réuni dans un même ouvrage des documents qu'on ne pourrait se procurer, et encore, qu'en consultant une foule de revues périodiques, et cela quelques mois seulement après l'Exposition, doit doublement faire apprécier le travail considérable effectué si rapidement par notre collègue.

L'industrie de la construction des machines à vapeur a toujours eu une importance considérable. Un siècle s'est écoulé depuis l'apparition du premier moteur industriel, la machine à vapeur à double effet et à rotation de Watt et trois quarts de siècle depuis l'introduction du moteur de fabrique en France, par Edwards et autres.

Quels progrès se sont produits depuis lors et quel développement toujours croissant a pris cette grande industrie, malgré les efforts faits pour la supplanter et en dépit des sinistres prophéties émises à son égard! Si, comme le disait il y a quelques années notre éminent collègue sir Frédéric Bramwell, *la machine à vapeur jouit de son reste*, on conviendra du moins que ce reste se manifeste d'une manière singulièrement brillante. Mais la construction des machines à vapeur a reçu récemment une impulsion énergique qui lui a pour ainsi dire infusé une nouvelle vie, laquelle semble devoir retarder considérablement l'échéance fatale signalée tout à l'heure; nous voulons parler du développement de l'éclairage électrique dont l'influence, qui a été remarquable sur l'ensemble des industries mécaniques, s'est fait sentir au plus haut degré sur la construction des moteurs à vapeur.

En effet, non seulement la production mécanique de l'électricite a amené une demande considérable de moteurs pour les nombreuses installations qui ont surgi de toute part, mais cette demande s'est surtout faite sous des conditions et des exigences particulières. Il fallait, d'une part, de puissantes machines pouvant travailler sous des charges très différentes, sans variation sensible de vitesse; de l'autre, la nécessité de loger les appareils dans des emplacements souvent très restreints exigeait des moteurs à très grand nombre de tours actionnant quelquefois directement les machines électriques et remplissant d'ailleurs les mêmes conditions impérieuses de régularité. Dans l'un et l'autre cas, la question de l'économie de combustible jouait un rôle capital. On peut, par cet aperçu sommaire, apprécier quel stimulant le développement de l'éclairage électrique a pu apporter dans l'industrie des machines à vapeur.

La classification des divers systèmes de moteurs à vapeur peut être entreprise à divers points de vue. On peut partir de la disposition générale de la machine, du mode de transmission de l'effort entre la tige du piston et l'arbre du volant, du mode d'action du fluide moteur dans un ou plusieurs cylindres, etc. Que l'on adopte l'une ou l'autre de ces bases, on se trouvera toujours en présence d'un très petit nombre de divisions.

M. Barbetti a préféré établir sa classification sur le système de distribution et de détente indépendamment du mode d'action de la vapeur. [illegible]. La manière dont la vapeur est distribuée dans les cylindres [illegible] la différence la plus caractéristique entre les divers systèmes, et ce point qui a le plus d'influence sur l'efficacité du moteur. Il [illegible] pas étonnant que les constructeurs de machines se soient ingéniés depuis longtemps et continuent à s'ingénier pour trouver des organes ou des combinaisons remplissant les diverses conditions exigées [illegible] distributeurs, tels que, admission variable suivant la puissance à [illegible], ouverture et fermeture rapide des orifices, faible résistance au [illegible]ment, résistance à l'usure, etc.

[illegible] a donc divisé les machines qu'il étudie en cinq classes qui [illegible] chacune un des chapitres suivants :

[illegible] Machines à tiroirs, plans ou cylindriques, conduits par l'excentrique [illegible]culaire fixe ;

[illegible] Les mêmes, mais dont l'excentrique est mobile par l'action du [illegible]ateur ;

[illegible] Les machines à robinet distributeur à mouvement continu, [illegible] Buetrix et autres ;

[illegible] — Les machines à quatre distributeurs plans ou rotatifs, mues [illegible] mécanisme à déclic, genre Corliss.

[illegible] — Les machines à distribution par quatre soupapes.

Nous allons passer très rapidement en revue ces cinq catégories.

Première catégorie. — Les machines à tiroirs plans sont très anciennes; [illegible] distributeur remonte presque à l'origine de la machine à vapeur; il a [illegible] promptement approprié à la détente variable par l'introduction [illegible] tiroirs superposés d'une foule de systèmes dont les types Farcot, [illegible], etc., sont les plus connus.

Le tiroir cylindrique ou à piston est également très ancien. On le [illegible], vers 1825, dans la machine horizontale de Taylor et Martineau. [illegible] usage s'est beaucoup développé depuis quelques années avec l'élévation des pressions de marche, parce qu'il constitue un tiroir naturellement équilibré.

[illegible] usage des tiroirs se maintient en face des distributeurs plus compliqués, surtout pour les machines à détente en cylindres multiples; c'est [illegible] peu à peu près le seul organe admissible dans les machines à grande [illegible].

Nous citerons, parmi les moteurs dont les distributions sont comprises [illegible] cette catégorie, les machines Cail, Sautter-Lemonnier et Cie, Davey [illegible], du Phœnix, Escher Wyss et Cie, Bonjour, Société Alsacienne, [illegible] de construction mécanique de Bâle, Brown, Queruel, Chaligny, Compagnie de Fives-Lille, etc.

Sans entrer dans aucun détail sur ces distributions, nous nous contenterons de signaler la grande variété des dispositions cinématiques et mécaniques réalisées par ces divers constructeurs et dont quelques-unes sont très remarquables.

Deuxième catégorie. — Les machines de la seconde classe sont caractérisées par la présence d'un régulateur de grande puissance installé dans le volant et agissant directement sur l'excentrique qui donne le mouvement au tiroir, pour en changer le calage et la course. Cette disposition, relativement récente et applicable seulement aux machines fonctionnant à une vitesse assez élevée, amène une notable simplification dans la disposition des moteurs, elle supprime des intermédiaires compliqués et délicats, et rend le caractère des machines plus rustique et plus robuste.

Cette catégorie comprend plusieurs machines Farcot, dont une à triple expansion, les machines Sweet, Lecouteux et Garnier, Boulet, Société d'Oerlikon, Deville-Chatel, Sulzer, Société de Winterthur, etc.

Troisième catégorie. — Ce chapitre ne comprend guère que les divers modèles exposés par MM. V. Bietrix et Cie, et dont le point commun est l'emploi pour la distribution d'une sorte de grand robinet conique actionné au moyen de roues dentées par l'arbre du volant. Les distributeurs de ce genre sont fort anciens; Maudslay, en Angleterre, Cavé chez nous, les ont employés presque dès l'origine de la machine à vapeur, mais les excellentes dispositions pratiques adoptées par M. Bietrix paraissent donner les résultats les plus satisfaisants. Ce distributeur a l'avantage de se prêter, sans aucune complication et avec un unique organe, à l'emploi sur des machines à cylindre multiples, jumelles, Compound ou Woolf-tandem.

Quatrième catégorie. — On trouve dans ce chapitre les machines à quatre distributeurs et déclics, genre Corliss.

La distribution à déclic est la première usitée; les vieilles machines de Watt avaient d'abord des soupapes mues par déclanchement. Ce système conservé dans les célèbres machines de Cornouailles fut appliqué aux machines à rotation, sous une forme spéciale, par Corliss, il y a bien des années, et ce type est devenu le point de départ d'une infinité de modèles dont chaque Exposition voit grossir le nombre. Dans cette classe se trouvent décrites les machines Farcot; du Creusot; Berger-André; le type Frikart qui figure sur les machines de la Société Alsacienne, d'Escher, Wyss et Cie; la machine Powell à triple expansion; le système Wheelock exposé par M. de Quillacq, etc.

Cinquième catégorie. — Ce dernier chapitre comprend uniquement les machines à distribution par soupapes. Les soupapes, comme nous le disions plus haut, constituent le plus ancien organe de distribution; elles ont été fréquemment employées depuis dans les machines d'extraction, machines soufflantes, machines de bateaux de rivières, et quelquefois de mer, etc., avec commande par cames ou buttoirs, mais MM. Sulzer les ont appliquées dès 1867 avec un mécanisme à déclic d'un modèle excellent et en ont obtenu des résultats si favorables que plus de 3000 machines ont été exécutées sur ce modèle depuis cette époque. C'est le meilleur et le plus laconique éloge qu'on puisse en faire.

On trouve décrites ici la machine Compound, la machine horizontale à triple expansion et la machine verticale, également à triple expansion, de MM. Sulzer, la machine Sulzer de MM. Carels, de Gand, la Com-

... de la Société de Construction Mécanique de Bâle, et enfin la ... à un seul cylindre de M. Windsor.

... de nombreuses figures et de plusieurs phototypies jointes ... l'ouvrage dont nous nous occupons est accompagné de 40 planches contenant des figures d'ensemble et de détail des diverses machines ... rendent facile l'intelligence du texte.

Nous croyons superflu d'ajouter aucune recommandation en faveur de l'ouvrage de notre collègue, la simple énumération qui précède des ... traitées en fait suffisamment comprendre le but et l'utilité.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — ...

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1890

N° 3

[illegible] des séances du mois de mars 1890 :

[illegible] de MM. L. Poupard, Ch. Bonnin, H. Rouit, Charpentier de [illegible] (Séances des 7 et 21 mars, pages 261 et 273).

[illegible] de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séance du [illegible] mars, page 261).

[illegible] *à vapeur à l'Exposition universelle de 1889 (Les)*, ouvrage de M. [illegible] (Séance du 7 mars, page 262).

[illegible] international de sauvetage (Séance du 7 mars, page 262).

[illegible] décernés par la Société d'Encouragement (Séance du 7 mars, page 262).

Exposition d'électricité à Edimbourg en 1890 (Séance du 7 mars, page 262).

[illegible] remise par les Ingénieurs espagnols au sujet de leur réception pendant l'Exposition universelle de 1889 (Séance du 7 mars, page 262).

Tirage forcé et son application aux chaudières marines, par M. M. [illegible] (Séance du 7 mars, page 263).

Tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus, par M. C. Joulfray. (Séance du 7 mars, page 268).

Membres correspondants (Lettres d'acceptation de) (Séance du 21 mars, page 273).

[illegible] de Bucharest (Résultat du concours pour la construction de la) (Séance du 21 mars, page 273).

12° *Congrès des Sociétés savantes en 1890* (Séance du 21 mars, page 274).

13° *Défauts du verre et les moyens de les reconnaître*, par M. L. Appert (Séance du 21 mars, page 274).

14° *Résistance des matériaux. Essai de méthode élémentaire commune aux ponts rigides et aux ponts articulés*, par M. N. de Tédesco (Séance du 21 mars, page 278).

15° *Tirage forcé* (Discussion des mémoires de MM. M. Demoulin et C. Jouffray), par MM. Michel Perret et A. Lencauchez (Séance du 21 mars, page 282).

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

31489 — De M. le Ministre des Travaux publics. *Chemins de fer français. Documents statistiques relatifs à l'année 1886*. Grand in-4° de 166 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31490 — De MM. Pradelle frères. *Grande exploitation des carrières de Chomérac (Ardèche). Notice et documents. Exposition universelle de Paris 1889*. In-8° de 35 p. Montélimar, Bourron, 1889.

31491 et 31492 — De M. J. Buchetti (M. de la S.). *Les Machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris 1889*. Texte in-4° de 143 p. et atlas grand in-4° de 40 pl. Paris, chez l'auteur, 1890.

31493 à 31495 — De M. E. Loisel (M. de la S.). *Annuaire spécial des chemins de fer belges, tomes V, VI et XIV*. Grand in-8°. Bruxelles, C. Bruyant, 1872, 1873, 1887-1888.

31496 — Du même. *Tableaux graphiques. Chemins de fer belges et étrangers*. Grand in-8°, 1878.

31497 et 31498 — Du même. *Description du perforateur de précision de M. F. Loisel*. Paris, A. Bourdier, 1864. Grand in-8° de 4 p. avec pl. 2 exemplaires.

31499 — Du même. *Quelques réflexions sur la réforme des tarifs*. Grand in-8° de 21 p. Bruxelles, Bruyant-Christophe, 1878.

31500 et 31501 — Du même. *Droits et obligations des voyageurs, des expéditeurs et des destinataires*. In-12 de 128 p. Bruxelles. Bruyant-Christophe, 1875, 1re et 2e éditions.

31502 et 31503 — De M. L. Durassier (M. de la S.). *L'École professionnelle des Ternes pour jeunes filles*. In-8° de 16 p. Paris, Chaix, 1889, 2 exemplaires.

31504 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *L'arbre, la manivelle, la bielle et le volant. Régularisation du mouvement et diminution du frottement dans les appareils à simple effet. Dynamomètre de transmission pour les grandes vitesses*. In-8° de 23 p. Paris, Chaix, 1890.

31505 — De M. J. Henrivaux (M. de la S.). *La Verrerie à l'Exposition Universelle de 1889*. In-4° de 34 p. Coulommiers, P. Brodard et Gallois, 1889.

— De . Engineering et de l'Industries. « *The Forth Bridge* ». Numéros spéciaux.

— De M. L. Penau. 4 brochures relatives aux *Mécaniques rotatives et aux mécaniques à réglage rapide pour pianos*. Brest, Gadreau. 1887 et 1890.

De M. E. Kolb. *Annuaire des Mines et de la Métallurgie*. Grand in-8° de 856 pages. Paris, E. Kolb, 1890.

De M. A. Vaillant (M. de la S.). *Magasins et logements de la Société civile coopérative de consommation du XVIII° arrondissement de Paris. 14, rue Jean-Robert*. In-8° de 45 pages. Paris, Imprimerie nouvelle, 1890.

De M. Ch. Henry. *Sur le principe de la graduation d'un thermomètre physiologique*. In-8 de 4 pages. Paris, G. Nee, 1890.

De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Compte rendu de la 18° session*. 1re partie. Grand in-8° de 480 pages. Paris, G. Masson, 1889.

De Canadian Institute. *Annual Report, session 1888-1889*. In-8° de 118 pages. Toronto, Warwick et Sons, 1889.

De M. F. Jacobsthal. *Rückblicke auf die baukünstlerischen Principien Schinkels und Bötichers*. Grand in-8° de 20 pages. Berlin, von Decker et Nicolas, 1890.

De M. P. Arrault (M. de la S.). *Outils et procédés de sondage*. Texte in-8° de 48 pages et atlas in-8° de 35 planches. Paris, P. Lecroq, 1890.

— De M. P. Wilmann. *Les traverses en fer Z*. Feuille in-4°. *L'Ingénieur-Conseil*. Bruxelles, 1890.

De M. A. Kozlov. *Notice sur le diagrammomètre*. Grand in-8° de 8 pages. Paris, E. Capiomont et Cie, 1889.

— De M. N. P. Rallard (M. de la S.). *Les Yachts de course. Barrage flottant articulé. Frein de roulis. Self-acting godille ou para calme*. In-8° de 20 pages. Paris, Chaix, 1890.

De M. Gruner (M. de la S.). *Congrès international des accidents du travail. Bulletin du Comité permanent*, n° 1. In-8° de 37 pages. Paris, Secrétariat général du Comité, 1890, 37, boulevard Magenta.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

— De M. H. Buvet (M. de la S.). *L'Aluminium à l'Exposition de 1889*.

— De M. M. Demoulin (M. de la S.). *Le Tirage forcé et son application aux chaudières marines*.

— De M. L. Boudenoot (M. de la S.). *Rapport sur les travaux du Congrès de mécanique appliquée en 1889*.

2041 — De M. L. Soulerin (M. de la S.). *Nouveau système de freins pneumatiques pour chemins de fer, 5e partie* (suite et fin).

2042 — De M. A. Lavezzari (M. de la S.). *Analyse du rapport de M. Saillard sur le gaz à l'eau en Allemagne et en Autriche.*

2043 — De M. Delaurier. *Projet de bateau-cloche.*

2044 — De M. Révin. *Projet de plan incliné pour l'achèvement du canal de Panama.*

2045 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Du rôle de l'Ingénieur dans la construction des habitations économiques.*

2046 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Note sur la largeur de voie à adopter pour la ligne Biskra-Tougourt-Ouargla.*

2048 — De M. F. Chaudy (M. de la S.). *Théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés de bout, application graphique aux prismes à section variable.*

2049 — De M. C. Jouffray (M. de la S.). *Le Tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus.*

2050 — De M. E. Bert (M. de la S.). *Les Traités de commerce et leur renouvellement.*

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mars sont :

Comme membres sociétaires :

MM. H. Adour, présenté par MM. Mauguin, Marsaux et G. Petit.
M. Bailly, — Bon, Schœnstein et Bougault.
G. Berthon, — Bougault, Bertrand de Fontviolant
A. Brunner. — Mallet, Morandière et Carimantrand.
A. Chassin, — Bobin, Cerbelaud et Taconnet.
J. Digeon. — de Comberousse, Appert et Pluyaud.
P. Duvillard, — Bouvard, Cornesse et Rubin.
V. Engerran, — E. Polonceau, Buron et Durant.
E. Faugère, — Ollivier, Pompon et Contamin.
E. Gauquelin, — Deneubourg, E. Coignet, de Tédesco.
Ch. Gigot, — Couriot, Bertrand de Fontviolant et H. Vallot.
Ch. Giraudel, — E. Polonceau, Durant et Durupt.
F. Mellerio, — Appert, G. Martin et Clémandot.
L. Merceron, — A. Brüll, de Echeverria et de Tédesco.
M. Svilokossitch, — de Nansouty, Monjean et Cassagne.
G. Vidil, — Contamin, Forest et Rubin.

Comme membres associés :

MM. F. Dehaynin, présenté par MM. Contamin, Mallet et Carimantrand.
Ch. Franche, — Voisine, Mathieux et Lecouffe.
L. Maes, — Contamin, Appert et Clémandot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1890

Séance du 7 mars 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux membres de la Société.

[illegible] M. L. POURARD était notre collègue depuis 1865; il a été longtemps ingénieur dans les établissements F. Cail et Cie, où il s'est occupé [illegible] des études de locomotives et tenders; ayant quitté cette position, il était depuis quelques années représentant de la Compagnie an[illegible] [illegible] fr[e]in à vide.

L'autre, M. CH. BARROUIN, a été le créateur de l'un des grands établissements métallurgiques de la Loire. Sorti de l'École des Arts et Métiers de [illegible], M. Barrouin s'est élevé par son mérite et son énergique labeur à la situation qu'il a occupée pendant plus de trente ans.

[illegible] ingénieux en même temps que pratique, il a apporté de nombreux perfectionnements à l'outillage des grandes forges; il laisse après [illegible] établissement, les Aciéries de Saint-Étienne, en pleine prospérité.

Nous nous associons aux regrets très vifs que provoque dans le bassin de la Loire la disparition de cet industriel éminent; et nous adressons à sa famille l'expression de nos affectueuses condoléances.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer l'abandon fait par plusieurs [illegible] de leurs bons de souscription à l'Emprunt de 1889.

[illegible]

M. [illegible] Fournier, 2 bons; M. Henri [illegible], 9 bons; M. André [illegible], 2 bons.

Nous remercions sincèrement ces collègues de ce témoignage de sympathie à notre Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des publications reçues depuis la précédente séance, liste publiée plus loin.

Il attire spécialement l'attention sur l'ouvrage de M. Buchetti sur les machines à vapeur de l'Exposition universelle de Paris, de 1889 ; et annonce que M. Mallet a bien voulu se charger d'en présenter un résumé, qui sera doublement intéressant, par suite de la valeur propre de l'ouvrage et de la compétence toute spéciale du rapporteur.

M. le Président rappelle que, dans la dernière séance, M. Cacheux a attiré l'attention de la Société sur le Congrès International de sauvetage qui va s'ouvrir à Toulon, le 15 mars.

Il ajoute que les membres de la Société y trouveront des sujets d'étude intéressants et le meilleur accueil de la part de notre collègue, M. Cacheux, secrétaire du Congrès.

M. le Président annonce que la Société d'Encouragement, pour l'industrie nationale, demande à la Société des Ingénieurs civils d'encarter, dans une de ses prochaines publications, la liste des prix que cette Société, qui est fort riche, décerne chaque année à un grand nombre de sujets spéciaux.

Il est d'autant plus intéressant de porter l'existence de ces prix à la connaissance de nos collègues, qu'ils sont on ne peut plus importants, s'élevant à des sommes variant entre 12 000 et 4 000 *f*, et que bien des fois ils sont reportés faute de candidats. Or, comme le fait d'avoir publié un travail dans notre bulletin n'ôte aucunement le droit de concourir à ces prix, qui récompensent non seulement le mémoire proprement dit, mais surtout le principe du sujet traité, nous croyons devoir appeler d'une manière toute spéciale l'attention de nos collègues sur cette circulaire, et considérons comme un devoir d'adresser tous les remerciements de la Société à son honorable et très distingué président, M. Haton de la Goupillière, pour la bonne pensée qu'il a eue de nous demander cet encartement. *(Applaudissements.)*

M. le Président annonce qu'une Exposition d'électricité se tiendra cette année à Édimbourg, sous le patronage de la reine d'Angleterre et des Ingénieurs anglais les plus connus.

Elle semble, d'après les renseignements qui nous sont parvenus, devoir prendre une importance considérable. Il est donc utile d'attirer l'attention de nos collègues électriciens sur cette exposition, où ils pourront sans doute faire d'utiles observations. Cette exposition s'ouvrira en mai et durera plusieurs mois.

M. le Président a le plaisir de déposer sur le bureau une Adresse que vient de lui remettre M. Th. Merly, ingénieur espagnol, au nom de nos collègues et amis de Barcelone, et qui est accompagnée de la lettre suivante :

Monsieur le Président,

Au nom des Ingénieurs Espagnols de la région de Barcelone, nous avons l'honneur de vous remettre le parchemin ci-joint, comme une constatation de notre reconnaissance pour les complaisances de la Société dont vous êtes le Président, à l'occasion de notre visite à la dernière

[illegible] Universelle, à Paris. Nous espérons que vous voudrez bien [illegible] comme une preuve de fraternité entre collègues.

[illegible] de Barcelone, le 21 février 1890.

Signé : Le Président, THOS Y CODINA. Le Secrétaire, G. BOLIBAR.

[illegible] cette adresse sont les signatures de MM. Silvino Thos y [illegible] président, José-Maria Jordan, Antonio Darder, Alexandro [illegible], Julio Valdès, Francisco Torre y Torre, Juan Nadal, [illegible] José Campdera, Alvaro de la Gandara, Luis-Mariano [illegible] de Guillen Garcia, Mariano Parellada, J. Martorell y Falp, [illegible] Ch. Font Matheu, E. Brocca, Salvador Dropper, José [illegible] Rafael Puig y Valls, A. Sanz, Pedro Gras, Manuel Bofill [illegible] A. Gonzalez Froissard, J. Alexandro Riera, Juan a Molinos, [illegible] Berges, Rosendo Llatas, Mariano Llofriu, Manuel Gis- [illegible] Sinclair, Alejandro M. Davila, Juan Serra, Pedro [illegible] José Pinol y Peracanton, Juan Feyner, Theodoro Merly, Vicente [illegible] Comas, Francisco Romeo y Bonastri, E. Lluch, Conrado [illegible] Ortilla, Enrique de Gispert, Lucas Echevarria, Emilio Riera, [illegible] de Sanchez Perez, Joaquin Arajol, José A. Barret, Pedro [illegible] P. Delmon, Antonio de Iturralda, Miguel Pujol y Abeya, [illegible] Gerónimo Bolibar, secrétaire.

M. LE PRÉSIDENT a été heureux de recevoir cette adresse si artistique [illegible] et si cordiale comme expression ; il applaudit aux senti[illegible] qui l'ont inspirée, et croit pouvoir dire, au nom de [illegible] ce souvenir comme gage de l'impérissable amitié et [illegible] fraternité qui règnent entre les Ingénieurs espagnols et les [illegible] français. Cette fraternité entre l'Espagne et la France est [illegible] elle résulte de la communauté des sentiments généreux [illegible] les deux nations sœurs ; elle ne fera que s'accroître et se [illegible] (*Applaudissements*.)

L'ordre du jour appelle la communication de M. M. Demoulin sur *le tirage forcé et son application aux chaudières marines*.

M. M. DEMOULIN s'exprime ainsi :

[illegible] que le tirage d'un foyer est forcé lorsque l'appel de l'air à tra[illegible] combustible et le mouvement des gaz dans les tubes ou les car[illegible] générateur correspondant sont produits par des moyens artifi[illegible] autres que l'ascension naturelle des produits de la combustion [illegible] cheminée.

Le tirage forcé, d'abord appliqué aux locomotives, s'est récemment [illegible] dans les marines militaire et marchande.

[illegible] entre le tirage naturel et le tirage forcé, une différence de des[illegible] principe. Le dernier avant pour but de parer à une trop faible [illegible] cheminées imposée par des conditions spéciales, ou d'obtenir [illegible] chaudière de faible capacité une puissance relativement considé[illegible] offre actuellement moins d'intérêt en ce qui concerne les généra[illegible] fixes. Il n'en est pas de même des locomotives et des machines [illegible] à grande vitesse pour lesquelles il acquiert une importance [illegible]. C'est en grande partie, grâce au tirage forcé, que l'on a pu

obtenir sur mer les grandes vitesses qu'atteignent les torpilleurs, certains cuirassés et paquebots.

Il existe trois manières de produire le tirage artificiel à bord des navires. Le plus simple et le moins efficace aussi, en ce sens qu'il ne produit que de faibles dépressions à moins d'une dépense considérable de vapeur, consiste à envoyer, à la base de la cheminée, un jet de vapeur à l'aide d'un tuyau annulaire percé de petits trous. Ce système n'est plus guère employé, aujourd'hui, parce qu'il présente une mauvaise utilisation de la vapeur et entraine une perte d'eau douce.

Par la seconde méthode, on insuffle, à l'aide de conduits, le courant d'air produit par des ventilateurs dans les cendriers, sous les grilles.

Le troisième, le plus répandu actuellement, et connu sous le nom de *tirage en vase clos*, consiste à lancer, au moyen de ventilateurs, dans des chambres de chauffe hermétiquement closes, et à une pression de quelques centimètres d'eau, l'air nécessaire à la combustion.

C'est ce système qui est le plus généralement usité à bord des torpilleurs et des grands navires de guerre. Toutefois, pour les petites installations surtout, il parait appelé à céder le pas au mode de tirage précédent dont certains avantages commencent à se faire jour.

Ce tirage forcé en chambre close a l'inconvénient d'exiger des dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité des chambres de chauffe. Les hommes, enfermés, se sentent isolés et perdent confiance ; en cas d'accidents, il leur est plus difficile de s'échapper.

Lorsque l'on ouvre la porte du foyer pour charger la grille, une trombe d'air froid se précipite par cette ouverture et vient en contact avec la plaque tubulaire et les tubes, ce qui peut amener des fuites et diminue la production par un refroidissement périodique. Son principal avantage est d'assurer la ventilation des chaufferies d'une manière complète et simple.

Lorsque l'on fait usage du tirage par insufflation dans le cendrier, on doit prendre la précaution de dériver une partie du vent pour aérer la chambre de chauffe dans laquelle la température deviendrait insupportable.

Nous envisagerons le tirage forcé dans les deux genres d'applications dont il est susceptible : augmentation de l'intensité de la combustion : amélioration de cette dernière et production économique de la vapeur.

Le tirage forcé permet, grâce à une intensité plus grande de la combustion, d'obtenir une puissance donnée d'une grille plus petite, et, si l'on ne s'attache pas à l'économie de combustible, d'une chaudière réduite dans la même proportion.

L'intensité de la combustion qui, dans les foyers fonctionnant à tirage naturel, ne dépasse pas 90 *kg* de charbon par mètre carré de surface de chauffe, peut atteindre, lorsque l'on fait usage du tirage artificiel, jusqu'à 550 *kg*, comme dans les torpilleurs. Ce chiffre est toutefois un maximum et, dans les torpilleurs récents, on ne dépasse pas une combustion de 400 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure. Une pareille intensité de combustion n'est réalisée qu'au moyen de chaudières locomotives. Avec les chaudières marines ordinaires on ne dépasse guère 250 *kg*.

... [illegible]ression d'air varie naturellement avec l'intensité de la combustion [illegible], en outre, de l'installation des ventilateurs et des grilles, de [illegible] du foyer, du diamètre des tubes, de la nature du combustible, [illegible] du feu, etc., ce qui empêche d'établir une relation ma[illegible] entre elle et l'activité du feu. Cette pression atteint jusqu'à [illegible] en colonne d'eau pour la combustion maximum que nous avons [illegible] elle ne dépasse pas 20 à 30 mm pour les chaudières à retour [illegible] ou à tubes directs, dans lesquelles la combustion atteint au [illegible] 270 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Dans les torpilleurs, [illegible] généralement de 70 mm pour l'allure à outrance.

[illegible]ment de la chaudière diminue vite à mesure que l'intensité [illegible] augmente, les gaz sortant plus chauds, mais surtout à partir [illegible]rtain degré, assez vite atteint du reste. D'après les résultats d'es[illegible] sur des chaudières de torpilleurs, la vitesse de combustion [illegible] doublée, le rendement de la chaudière passe de 0,525 à 0,444. Dans [illegible] expériences, la vaporisation par kilogramme de charbon pour [illegible]mbustion également doublée d'intensité, passe de 7,06 *kg* à 5,97 *kg*. [illegible] ces résultats ne sont-ils obtenus qu'entre des limites pratiques [illegible] desquelles la vaporisation totale augmenterait peu pour un ac[illegible]ment important de la dépense de charbon. On peut concevoir, en [illegible] que la production d'une chaudière ne puisse dépasser un certain [illegible] quelle que soit l'intensité de la combustion.

[illegible], le rendement d'une chaudière augmente avec la lon[illegible] des tubes, mais très lentement au delà d'une certaine limite, [illegible] tout le monde le sait. Plus grande sera l'intensité de la com[illegible] et plus long devra être le parcours des gaz, sans quoi, les pro[illegible] de la combustion sortiraient à une trop haute température et en[illegible] en pure perte un grand nombre de calories. Il est toutefois [illegible] le diamètre des tubes a une influence considérable sur le [illegible] des gaz et sur leur utilisation. Si on appelle *longueur* [illegible] des tubes le quotient de leur longueur par leur diamètre, on [illegible] *a priori* que les tubes de même longueur relative sont équi[illegible] au point de vue de la transmission du calorique.

[illegible] une juste proportion dans la longueur des tubes qui concilie [illegible] le rendement et la légèreté des générateurs.

[illegible] forcé est précieux en ce sens qu'il a permis de diminuer le [illegible] des appareils des navires de guerre à grande vitesse dans une pro[illegible] considérable. Il suffira de rappeler que dans certains torpilleurs [illegible] on a obtenu jusqu'à 10 chevaux par mètre carré de surface [illegible]. C'est ainsi que l'on a pu réduire le poids des machines de [illegible] à 30 et 40 *kg* par cheval indiqué, tandis que les appareils [illegible] du commerce pèsent dans les environs de 200 *kg* pour la [illegible] puissance. Ce résultat est sans doute dû également à d'autres [illegible] que l'augmentation de la vitesse du piston, mais il n'en est [illegible] vrai que l'adoption du tirage forcé y a contribué au plus [illegible].

[illegible] résultats remarquables sont obtenus au prix d'inconvénients [illegible]

[illegible] contact de deux surfaces métalliques n'est jamais assez intime

pour que la transmission de la chaleur se fasse convenablement entre elles; celle qui est soumise à l'action de la source de chaleur s'échauffe alors outre mesure, même si l'autre surface est libre de rayonner toute la chaleur qu'elle reçoit.

C'est ce qui se passe dans les foyers des chaudières à vapeur aux assemblages des tôles et aux rivures, et, naturellement, l'action destructive de la chaleur se fait d'autant plus sentir que la température est plus élevée. Ceci explique que certains joints de foyers, qui supportent le tirage ordinaire, viennent à perdre dès que l'on force l'allure de la combustion. Dans les chaudières de torpilleurs, ces faits sont aggravés par suite de circonstances particulières.

Toutes les personnes qui s'occupent un peu des choses de la marine ont entendu parler des ennuis qu'ont donnés aux essais les chaudières des types les plus récents de torpilleurs; on a souvent, dans le public, attribué à une construction imparfaite ce qui était inhérent aux dispositions fatalement adoptées.

On sait que l'accident le plus commun à bord des torpilleurs consiste en fuites plus ou moins graves à l'assemblage des tubes sur la plaque de tête. Tantôt ces fuites se produisent en marche avec une abondance extrême, et la vapeur refoule la flamme dans la chaufferie qu'il faut évacuer. C'est là un genre d'accident qui n'est pas sans danger pour le personnel, bien que les portes de cendriers soient disposées de manière à fermer automatiquement quand la pression à l'intérieur du foyer devient supérieure à celle qui règne dans la chaufferie.

Le plus souvent, les fuites aux tubes se produisent quand on diminue les feux et que, la pression tombant, la chaudière se refroidit ; ces fuites augmentent rapidement lorsque l'on est stoppé et qu'on laisse tomber les feux. Il n'est pas rare de voir alors une véritable cascade d'eau ruisseler le long de la plaque tubulaire.

L'air nécessaire à la combustion est toujours fourni par des ventilateurs actionnés directement par des machines à vapeur à grande vitesse. Ces ventilateurs peuvent atteindre des vitesses de 1 200 tours à la minute. L'aspiration se fait au moyen de manches à vent aboutissant sur le pont ; le ventilateur est ordinairement placé dans la chaufferie où il refoule, s'il s'agit du tirage en vase clos ; dans le cas du tirage par insufflation dans le cendrier, l'air est dirigé sous les grilles au moyen de conduits passant sous les parquets et munis de clapets. On a essayé un certain nombre de systèmes automatiques, dans lesquels le vent est arrêté pendant les chargements. On s'est également ingénié à empêcher le refoulement des gaz dans la chaufferie par le pourtour de la porte du foyer.

Le tirage forcé, lorsqu'il est modéré, peut devenir d'un emploi économique parce qu'il augmente la température du foyer et qu'il permet une application plus complète des lois de la combustion. Il va sans dire que la proportion entre les surfaces de grille et de chauffe doit se trouver plus grande qu'avec le tirage naturel, sans quoi on perdrait le bénéfice sur lequel on est en droit de compter.

Le tirage forcé a pour complément indispensable l'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus des grilles. La température de la combustion peut être réduite par quatre causes :

1° [illegible] d'air.
2° [illegible] l'air ;
3° [illegible] imparfait des gaz avec l'air ;
4° [illegible] à un degré quelconque de ces causes.

[illegible] l'air comburant est destiné à se combiner avec le carbone [illegible] avec les hydrocarbures, ces deux quantités étant environ [illegible] de 2,36 à 1. Or, il paraît au premier abord plus logique [illegible] directement dans le foyer, au-dessus de la grille, l'air nécessaire [illegible] combustion des gaz. Si le chargement du foyer était opéré [illegible] continue et uniforme, l'introduction de l'air par la porte [illegible]. Tel n'est pas le cas en pratique, il faut envoyer une [illegible] air moyenne au-dessus du combustible de telle sorte qu'il n'y [illegible] trop grande [illegible] quand la distillation du combustible touche [illegible]

[illegible] carbone étant incolore, on ne peut se rendre compte de [illegible] la combustion que si ce gaz sort assez chaud pour se [illegible] sommet de la cheminée en venant en contact avec l'air. On [illegible] gaz des hydrocarbures par la couleur de sa flamme qui [illegible] des hydrogènes carbonés étant jaunâtre.

[illegible] d'une certaine quantité d'air au-dessus de la grille est [illegible] nécessaire que le combustible est brûlé en couches plus [illegible] Si on augmente le tirage sans prendre cette précaution, on [illegible] l'activité de la combustion aux dépens du rendement. [illegible] trop, pour des raisons analogues, recommander l'usage [illegible] briques, surtout s'il s'agit de chaudières du type locomotive [illegible] pour les torpilleurs.

[illegible] navires marchands, on complète souvent l'installation du [illegible] par un réchauffage de l'air comburant à l'aide des gaz [illegible] *(Applaudissements.)*

M. le Président félicite M. Demoulin d'avoir si bien résumé et con[illegible] renseignements sur le tirage forcé. Il était très intéressant [illegible] de voir retracer aussi nettement les difficultés qu'on [illegible] dans les torpilleurs et les navires à grande vitesse, à résoudre [illegible] la question de légèreté des chaudières et celles si complexes [illegible] à leur durée et à leur entretien.

La nécessité de brûler en peu de temps un poids considérable de [illegible] sur les grilles et de développer, dans des espaces restreints, des [illegible] considérables de chaleur, complique singulièrement la solu[illegible] problème. Le travail dont on vient de nous donner les titres sera [illegible] consulté avec grand intérêt, et nous ne pouvons que remercier M. Demoulin de nous l'avoir présenté.

M. E. Polonceau a été frappé de ce que M. Demoulin a dit des altérations fréquentes des plaques tubulaires ; il pense que l'emploi du bouil[illegible] système Ten Brinck, ou de voûtes en briques pourrait avoir de [illegible] avantages.

[illegible] à l'emploi du chargement par trémie, ainsi que cela a lieu [illegible] système Ten Brinck, on évite l'entrée subite d'air froid dans le [illegible] Il est certain qu'à la Compagnie d'Orléans l'adoption du bouil-

leur Ten Brinck ou de la voûte en briques a notablement diminué les pertes aux viroles et frais d'entretien; et en même temps la combustion s'effectue d'une façon plus rationnelle avec moins de pertes de gaz combustible.

M. Demoulin pense que c'est la crainte de compliquer les installations qui a dû empêcher l'adoption des dispositions certainement très efficaces dans les foyers de locomotives dont vient de parler M. Polonceau. Le manque d'espace est aussi, souvent, un obstacle absolu, surtout dans les torpilleurs.

M. Ed. Roy signale les inconvénients qu'il a observés avec des voûtes en briques en arc très accusé; la chaleur réverbérée par la voûte se concentrait sur la grille dont l'usure devenait rapide; mais il croit, comme M. Polonceau, aux avantages considérables que pourrait présenter l'adoption par la marine des foyers Ten Brinck ou de voûtes presque planes en briques réfractaires.

M. Polonceau croit devoir insister sur un autre avantage de l'emploi de ces appareils : c'est de permettre l'utilisation des combustibles menus; en effet, dans les chaudières ordinaires, quand on serre l'échappement, une quantité considérable de combustible fin entrainé par le courant d'air traverse les tubes, les obstrue ou va se perdre dans la boite à fumée; tandis que la présence du Ten Brinck ou de la voûte arrête ces menus, et les fait retomber sur le foyer.

M. le Président regrette de ne pas voir, dans l'Assemblée, un Ingénieur de la traction du chemin de fer du Nord. Il croit pouvoir confirmer ce qu'avance M. Polonceau, et dire qu'à la Compagnie du Nord les voûtes en briques sont très généralemént adoptées et procurent l'avantage de faire entrer des fines en quantité considérable dans les combustibles employés par la traction. Il en résulte une économie importante.

M. E. Mayer pense que la voûte en brique a surtout l'avantage de ménager la plaque tubulaire.

M. le Président est d'avis, avant de continuer la discussion, d'entendre la communication de M. C. Jouffray, qui porte sur un sujet analogue.

La discussion pourra être reprise et poursuivie en visant l'une et l'autre des communications.

M. C. Jouffray a la parole pour sa communication sur *le tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus*.

M. C. Jouffray dit qu'il examinera l'emploi du tirage forcé, uniquement comme moyen d'économie. C'est, pour lui, le côté le plus important de la question au point de vue de l'avenir, car il ne s'agit pas seulement comme pour les torpilleurs et les croiseurs d'applications importantes, mais en nombre nécessairement limité, il s'agit de toutes les installations mécaniques marchant à la vapeur.

La cheminée ordinaire, dit-il, est un outil barbare dans son principe, puisqu'elle ne peut fonctionner qu'en rejetant encore chauds dans l'atmosphère les gaz qu'on doit chercher à refroidir autant que possible. L'adoption du tirage forcé permettrait d'étudier en toute liberté les

... refroidir plus complètement ces gaz. Si, d'autre part, il est ... une source importante d'économies, en produisant une ... meilleure, il n'y aurait pas à hésiter à en généraliser l'em-

M. Jouffray rappelle les tentatives faites dans ce sens, il y a longtemps ... particulièrement par M. Molinos et Pronnier. Il croit que si le ti- ... n'a pas pris, dès cette époque, un certain développement c'est ... de l'entretien plus dispendieux que nécessitaient les grilles et, ... à cause de l'imperfection des organes mécaniques complémen- ... que le tirage forcé nécessitait l'emploi. Ces raisons, dit-il, n'exis- ... plus aujourd'hui.

... à la question des charbons menus, M. Jouffray expose que ... combustion présente deux difficultés de principe :

1° Les barreaux doivent être assez rapprochés pour que le charbon ne ... pas au travers. Il ne faut pas, dit-il, dépasser 3 mm si l'on veut ... des poussiers maigres.

2° Les menus opposent une plus grande résistance au passage de l'air ... des grilles de dimensions ordinaires le tirage habituel des che- ... est insuffisant.

... deux moyens se présentent de résoudre ces difficultés :

1° Augmenter dans de larges proportions la surface des grilles afin de ... en couche très mince — solution coûteuse, possible toutefois ... industrie et quand on dispose d'une cheminée puissante ;

2° Employer le tirage forcé — solution tout à fait générale, le plus ... plus avantageuse dans l'industrie et qui s'impose quand il ... chaudières marines.

... ce deuxième cas, ajoute M. Jouffray, une nouvelle difficulté ... Le barreau mince se déforme et brûle rapidement. De plus, le ... qui tombe sur la grille en parcelles pâteuses s'agglutine en ... qui adhèrent fortement aux grilles. Il est nécessaire pour ... divers inconvénients que les barreaux restent froids. Dès lors ... ne sont plus adhérentes, la chauffe reste facile, les barreaux ... plus et ne se déforment pas.

M. Jouffray rappelle les résultats obtenus par M. Michel Perret avec ... Il présente en outre à la Société un barreau de type ... également à M. Michel Perret.

Ce barreau qui se place transversalement dans le foyer, est formé ... cylindre de 20 mm de diamètre dont la partie arrondie est en ... avec le charbon et qui porte en dessous une très haute nervure ... ajourée. Il est refroidi, non plus par immersion dans l'eau, ... par l'air de la combustion qui trouve en passant une ... surface de contact.

M. Jouffray donne des renseignements sur des expériences faites par ... Olivier et par lui à Saint-Henri Marseille avec divers char- ... la région du Sud Est, sur une chaudière du type marine ... à barreaux ajourés. Il cite les chiffres d'un essai contradic- ... sur la même chaudière, d'où résultent, par l'emploi de poussiers ... très impurs, des économies de 4 à 6 0/0 sur le prix de ... de vapeur.

M. Jouffray parle ensuite de l'emploi des menus dans les chaudières de navires. Il signale des applications faites en Angleterre et en Italie. Les dispositifs employés, qui laissent subsister le danger d'échauffement des barreaux et qui, toutefois, ont donné des résultats satisfaisants avec les charbons anglais, lui semblent d'une application très aléatoire avec les charbons français de la région du Nord et tout à fait impossible avec les houilles du Gard dont la crasse est particulièrement fusible.

Il donne des renseignements sur une installation de tirage forcé avec barreaux transversaux ajourés, qu'il a été appelé à faire pour le compte de M. M. Ollivier sur le navire *Alsace*, de Marseille, en vue de brûler des menus demi-gras de la Grand'Combe et qui a complètement réussi.

A propos de l'installation mécanique accessoire, il signale particulièrement que le ventilateur de l'*Alsace*, au lieu d'être comme d'ordinaire en porte à faux sur l'arbre d'une machine directe, est indépendant de la machine à laquelle il est réuni par un accouplement élastique et que l'ensemble ainsi constitué s'est montré capable de soutenir une marche continue de plus de 1 000 tours à la minute sans échauffement. Il signale aussi qu'avec les faibles pressions nécessitées par le tirage forcé, sans surproduction de vapeur, il n'y a pas projection de flammes par les gueulards et que les dispositifs de sûreté deviennent inutiles.

Dans ces conditions de sécurité et de commodité pratique, ajoute-t-il, on ne devrait pas hésiter à employer par principe le tirage forcé même pour des charbons en roche. Il y a alors économie sur le poids, la combustion se faisant mieux et avec moins d'air.

M. Jouffray cite les essais des chaudières du *Marceau*. Il cite aussi les résultats obtenus sur divers navires de commerce en Angleterre, et rappelant que, outre les économies immédiates que procure le tirage forcé, il permettra d'en réaliser d'autres par l'utilisation, avant ou après la grille de chaleurs perdues aujourd'hui ; il conclut en disant que le tirage forcé devrait être regardé comme le mode naturel de fonctionnement des générateurs à vapeur.

M. le Président remercie M. Jouffray des détails qu'il vient de donner sur les dispositions nouvelles des grilles qu'il propose d'employer pour brûler les combustibles menus.

Comme pour toute disposition nouvelle, il y a là certaines habitudes à modifier; le rapprochement extrême des barreaux, leur disposition parallèle à la façade de la porte, obligent à renoncer à ringarder le feu par dessous. Mais l'expérience semble prouver que ces modifications ne sont pas des inconvénients ; le mieux est donc d'attendre la consécration que la pratique ne manquera pas de donner à ces prévisions. Il croit cependant devoir rappeler que la cheminée n'est pas un procédé de tirage aussi condamné qu'on semble vouloir l'indiquer ; on peut être obligé de lui substituer, dans certains cas, d'autres moyens d'assurer au combustible l'air qui lui est nécessaire, mais, tout examen fait, c'est encore le moyen le plus économique quand on peut l'employer.

M. A. Lencauchez demande à dire quelques mots sur ces deux communications.

Il reconnait que dans l'état actuel de la construction des torpilleurs,

[illegible] ou le Ten Brinck ne peuvent être appliqués aux [illegible] ces petits navires; mais l'expérience a prouvé d'une façon [illegible] dans les chaudières actuelles la combustion se fait mal. [illegible] trop voisin de la plaque tubulaire, de sorte que cette plaque [illegible]; et que le gaz s'engageant dans les tubes avant [illegible] s'enflammer vont brûler dans la boîte de fumée. Le torpilleur [illegible] visible, en fait, il signale son approche de jour par un [illegible] — de nuit, par un jet de flammes au sommet de la [illegible] — une modification de la chaudière s'impose; elle entraînera [illegible] l'allongement des torpilleurs, peut-être une surélévation [illegible] mais sous ces conditions on pourra adopter ou bien la [illegible], ou bien le Ten Brinck ou encore la chambre de com[illegible] déjà dans beaucoup de torpilleurs anglais.

[illegible] conditions et en assurant une circulation active dans les [illegible] n'est pas douteux qu'on pourra éviter les inconvénients [illegible].

M. J[illegible] nous a présenté une grille très pratique, spécialement ap[illegible] combustibles menus, anthraciteux ou autres. Sans vouloir [illegible] l'importance de la communication de M. Jouffray, [illegible] tient à rappeler que cette grille n'est qu'une solution [illegible] d'un problème qui a depuis de longues années exercé [illegible] ingénieurs. Tous ceux qui ont lu le remarquable travail de [illegible] M. Banderali, ingénieur principal du matériel roulant et [illegible] du Nord, sur son voyage en Amérique, ont vu les nom[illegible] à faible écartement pour combustion de [illegible] employés en Pensylvanie.

[illegible], la grille immergée de M. Perret, de Lyon, est une [illegible] de celle qui vient d'être décrite. Il serait injuste [illegible] un inventeur beaucoup plus ancien, M. de Pradelay, [illegible] barreaux sont employés avec plein succès dans [illegible] de la France depuis 1868 et 1869. Ces solutions mul[illegible] nouvelles montrent l'importance de la question que [illegible] développée devant nous.

M. L[illegible] ne pense pas qu'il soit juste de considérer la cheminée [illegible] barbare : théoriquement, le maximum de tirage [illegible] une température supérieure à 300°. Mais, pratiquement, [illegible] de section suffisante, on a déjà un tirage très satis[illegible] température de 75° à la base. On ne peut donc pas dire [illegible] soit un instrument à abandonner.

Mais [illegible] cas présent, avec des combustibles médiocres, [illegible] spéciales, le courant d'air forcé est préférable, à con[illegible] pression ne soit pas exagérée, 10 à 15 *mm* [illegible].

[illegible] de M. Mayer relative au mode de [illegible], M. Jouff[illegible] les barreaux étant toujours refroidis, les [illegible] ne pénètrent pas entre les barreaux, ils se [illegible] surface et se retirent facilement. On en a la preuve sur des [illegible] machines qui ont marché 44 heures sans qu'on ait dû toucher [illegible].

obtenir sur mer les grandes vitesses qu'atteignent les torpilleurs, certains cuirassés et paquebots.

Il existe trois manières de produire le tirage artificiel à bord des navires. Le plus simple et le moins efficace aussi, en ce sens qu'il ne produit que de faibles dépressions à moins d'une dépense considérable de vapeur, consiste à envoyer, à la base de la cheminée, un jet de vapeur à l'aide d'un tuyau annulaire percé de petits trous. Ce système n'est plus guère employé, aujourd'hui, parce qu'il présente une mauvaise utilisation de la vapeur et entraine une perte d'eau douce.

Par la seconde méthode, on insuffle, à l'aide de conduits, le courant d'air produit par des ventilateurs dans les cendriers, sous les grilles.

Le troisième, le plus répandu actuellement, et connu sous le nom de *tirage en vase clos*, consiste à lancer, au moyen de ventilateurs, dans des chambres de chauffe hermétiquement closes, et à une pression de quelques centimètres d'eau, l'air nécessaire à la combustion.

C'est ce système qui est le plus généralement usité à bord des torpilleurs et des grands navires de guerre. Toutefois, pour les petites installations surtout, il parait appelé à céder le pas au mode de tirage précédent dont certains avantages commencent à se faire jour.

Ce tirage forcé en chambre close a l'inconvénient d'exiger des dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité des chambres de chauffe. Les hommes, enfermés, se sentent isolés et perdent confiance; en cas d'accidents, il leur est plus difficile de s'échapper.

Lorsque l'on ouvre la porte du foyer pour charger la grille, une trombe d'air froid se précipite par cette ouverture et vient en contact avec la plaque tubulaire et les tubes, ce qui peut amener des fuites et diminue la production par un refroidissement périodique. Son principal avantage est d'assurer la ventilation des chaufferies d'une manière complète et simple.

Lorsque l'on fait usage du tirage par insufflation dans le cendrier, on doit prendre la précaution de dériver une partie du vent pour aérer la chambre de chauffe dans laquelle la température deviendrait insupportable.

Nous envisagerons le tirage forcé dans les deux genres d'applications dont il est susceptible : augmentation de l'intensité de la combustion: amélioration de cette dernière et production économique de la vapeur.

Le tirage forcé permet, grâce à une intensité plus grande de la combustion, d'obtenir une puissance donnée d'une grille plus petite, et, si l'on ne s'attache pas à l'économie de combustible, d'une chaudière réduite dans la même proportion.

L'intensité de la combustion qui, dans les foyers fonctionnant à tirage naturel, ne dépasse pas 90 *kg* de charbon par mètre carré de surface de chauffe, peut atteindre, lorsque l'on fait usage du tirage artificiel, jusqu'à 550 *kg*, comme dans les torpilleurs. Ce chiffre est toutefois un maximum et, dans les torpilleurs récents, on ne dépasse pas une combustion de 400 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure. Une pareille intensité de combustion n'est réalisée qu'au moyen de chaudières locomotives. Avec les chaudières marines ordinaires on ne dépasse guère 250 *kg*.

[illegible] d'air varie naturellement avec l'intensité de la combustion [illegible] en outre, de l'installation des ventilateurs et des grilles, de [illegible] du foyer, du diamètre des tubes, de la nature du combustible, [illegible] du feu, etc., ce qui empêche d'établir une relation ma[illegible] entre elle et l'activité du feu. Cette pression atteint jusqu'à [illegible] de colonne d'eau pour la combustion maximum que nous avons [illegible] elle ne dépasse pas 20 à 30 mm pour les chaudières à retour [illegible] ou à tubes directs, dans lesquelles la combustion atteint au [illegible] kg par mètre carré de surface de chauffe. Dans les torpilleurs, [illegible] généralement de 70 mm pour l'allure à outrance.

[illegible] de la chaudière diminue vite à mesure que l'intensité [illegible] augmente, les gaz sortant plus chauds, mais surtout à partir [illegible], assez vite atteint du reste. D'après les résultats d'es[illegible] sur des chaudières de torpilleurs, la vitesse de combustion [illegible], le rendement de la chaudière passe de 0,525 à 0,444. Dans [illegible] expériences, la vaporisation par kilogramme de charbon pour [illegible] également doublée d'intensité, passe de 7,06 *kg* à 5,97 *kg*. [illegible] ces résultats ne sont-ils obtenus qu'entre des limites pratiques [illegible] desquelles la vaporisation totale augmenterait peu pour un ac[illegible] important de la dépense de charbon. On peut concevoir, en [illegible] que la production d'une chaudière ne puisse dépasser un certain [illegible] quelle que soit l'intensité de la combustion.

[illegible], le rendement d'une chaudière augmente avec la lon[illegible] des tubes, mais très lentement au delà d'une certaine limite, [illegible] tout le monde le sait. Plus grande sera l'intensité de la com[illegible] et plus long devra être le parcours des gaz, sans quoi, les pro[illegible] combustion sortiraient à une trop haute température et en[illegible] en pure perte un grand nombre de calories. Il est toutefois [illegible] le diamètre des tubes a une influence considérable sur le [illegible] des gaz et sur leur utilisation. Si on appelle *longueur* [illegible] des tubes le quotient de leur longueur par leur diamètre, on [illegible] *a priori* que les tubes de même longueur relative sont équi[illegible] au point de vue de la transmission du calorique.

[illegible] juste proportion dans la longueur des tubes qui concilie [illegible] rendement et la légèreté des générateurs.

[illegible] forcé est précieux en ce sens qu'il a permis de diminuer le [illegible] des appareils des navires de guerre à grande vitesse dans une pro[illegible] considérable. Il suffira de rappeler que dans certains torpilleurs [illegible] on a obtenu jusqu'à 10 chevaux par mètre carré de surface [illegible]. C'est ainsi que l'on a pu réduire le poids des machines de [illegible] à 30 et 40 *kg* par cheval indiqué, tandis que les appareils [illegible] du commerce pèsent dans les environs de 200 *kg* pour la [illegible]. Ce résultat est sans doute dû également à d'autres [illegible] que l'augmentation de la vitesse du piston, mais il n'en est [illegible] vrai que l'adoption du tirage forcé y a contribué au plus [illegible].

[illegible] résultats remarquables sont obtenus au prix d'inconvénients sé[illegible]

[illegible]

[illegible] de deux surfaces métalliques n'est jamais assez intime

pour que la transmission de la chaleur se fasse convenablement entre elles; celle qui est soumise à l'action de la source de chaleur s'échauffe alors outre mesure, même si l'autre surface est libre de rayonner toute la chaleur qu'elle reçoit.

C'est ce qui se passe dans les foyers des chaudières à vapeur aux assemblages des tôles et aux rivures, et, naturellement, l'action destructive de la chaleur se fait d'autant plus sentir que la température est plus élevée. Ceci explique que certains joints de foyers, qui supportent le tirage ordinaire, viennent à perdre dès que l'on force l'allure de la combustion. Dans les chaudières de torpilleurs, ces faits sont aggravés par suite de circonstances particulières.

Toutes les personnes qui s'occupent un peu des choses de la marine ont entendu parler des ennuis qu'ont donnés aux essais les chaudières des types les plus récents de torpilleurs; on a souvent, dans le public, attribué à une construction imparfaite ce qui était inhérent aux dispositions fatalement adoptées.

On sait que l'accident le plus commun à bord des torpilleurs consiste en fuites plus ou moins graves à l'assemblage des tubes sur la plaque de tête. Tantôt ces fuites se produisent en marche avec une abondance extrême, et la vapeur refoule la flamme dans la chaufferie qu'il faut évacuer. C'est là un genre d'accident qui n'est pas sans danger pour le personnel, bien que les portes de cendriers soient disposées de manière à fermer automatiquement quand la pression à l'intérieur du foyer devient supérieure à celle qui règne dans la chaufferie.

Le plus souvent, les fuites aux tubes se produisent quand on diminue les feux et que, la pression tombant, la chaudière se refroidit; ces fuites augmentent rapidement lorsque l'on est stoppé et qu'on laisse tomber les feux. Il n'est pas rare de voir alors une véritable cascade d'eau ruisseler le long de la plaque tubulaire.

L'air nécessaire à la combustion est toujours fourni par des ventilateurs actionnés directement par des machines à vapeur à grande vitesse. Ces ventilateurs peuvent atteindre des vitesses de 1 200 tours à la minute. L'aspiration se fait au moyen de manches à vent aboutissant sur le pont; le ventilateur est ordinairement placé dans la chaufferie où il refoule, s'il s'agit du tirage en vase clos; dans le cas du tirage par insufflation dans le cendrier, l'air est dirigé sous les grilles au moyen de conduits passant sous les parquets et munis de clapets. On a essayé un certain nombre de systèmes automatiques, dans lesquels le vent est arrêté pendant les chargements. On s'est également ingénié à empêcher le refoulement des gaz dans la chaufferie par le pourtour de la porte du foyer.

Le tirage forcé, lorsqu'il est modéré, peut devenir d'un emploi économique parce qu'il augmente la température du foyer et qu'il permet une application plus complète des lois de la combustion. Il va sans dire que la proportion entre les surfaces de grille et de chauffe doit se trouver plus grande qu'avec le tirage naturel, sans quoi on perdrait le bénéfice sur lequel on est en droit de compter.

Le tirage forcé a pour complément indispensable l'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus des grilles. La température de la combustion peut être réduite par quatre causes :

[illegible] d'air.

[illegible] l'air ;

[illegible] imparfait des gaz avec l'air ;

[illegible] à un degré quelconque de ces causes.

[illegible] l'air comburant est destiné à se combiner avec le car- [illegible] les hydrocarbures, ces deux quantités étant environ [illegible] de 2,36 à 1. Or, il paraît au premier abord plus logique [illegible] ment dans le foyer, au-dessus de la grille, l'air néces- [illegible] des gaz. Si le chargement du foyer était opéré [illegible] continue et uniforme, l'introduction de l'air par la porte [illegible]. Tel n'est pas le cas en pratique, il faut envoyer une [illegible] au-dessus du combustible de telle sorte qu'il n'y [illegible] trop grande [illegible] quand la distillation du combustible touche

[illegible] carbone étant incolore, on ne peut se rendre compte de [illegible] de la combustion que si ce gaz sort assez chaud pour se [illegible] de la cheminée en venant en contact avec l'air. On [illegible] gaz des hydrocarbures par la couleur de sa flamme qui [illegible] les hydrogènes carbonés étant jaunâtre.

[illegible] d'une certaine quantité d'air au-dessus de la grille est [illegible] nécessaire que le combustible est brûlé en couches plus [illegible] augmente le tirage sans prendre cette précaution, on [illegible] activité de la combustion aux dépens du rendement. [illegible] trop, pour des raisons analogues, recommander l'usage [illegible], surtout s'il s'agit de chaudières du type locomo- [illegible] pour les torpilleurs.

[illegible] navires marchands, on complète souvent l'installation du [illegible] par un réchauffage de l'air comburant à l'aide des gaz [illegible] (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT félicite M. Demoulin d'avoir si bien résumé et con- [illegible] renseignements sur le tirage forcé. Il était très intéressant [illegible] de voir retracer aussi nettement les difficultés qu'on [illegible] dans les torpilleurs et les navires à grande vitesse, à résoudre [illegible] à question de légèreté des chaudières et celles si complexes [illegible] à leur durée et à leur entretien.

[illegible] nécessité de brûler en peu de temps un poids considérable de [illegible] sur les grilles et de développer, dans des espaces restreints, des [illegible] considérables de chaleur, complique singulièrement la solu- [illegible] problème. Le travail dont on vient de nous donner lecture sera [illegible] avec grand intérêt, et nous ne pouvons que remercier M. [illegible] de nous l'avoir présenté.

M. [illegible] a été frappé de ce que M. Demoulin a dit des [illegible] des plaques tubulaires ; il pense que l'emploi du boui- [illegible] système Ten Brinck, ou de voûtes en briques pourrait avoir de [illegible] avantages.

[illegible] à l'emploi du chargement par trémie, ainsi que cela a lieu [illegible] système Ten Brinck, on évite l'entrée subite d'air froid dans le [illegible]. Il est certain qu'à la Compagnie d'Orléans l'adoption du boui-

de porteur. Le défaut, sous cette épaisseur-là, peut être traversé par la lumière réfléchie du microscope; et il est étudié avec un grossissement qui varie de 300 à 800 diamètres. A 300 diamètres, il est déjà facile de se prononcer sur la nature des défauts. Ce moyen a été employé pour la première fois par M. Sorby, minéralogiste anglais, vers 1856-1858; successivement par M. Zirkel, de Heidelberg, et par M. Rosenbasch, de Leipzig, et enfin, par MM. Fouqué et Michel Lévy qui l'ont beaucoup perfectionné et sont arrivés à pouvoir, en quelques minutes, déceler dans un cristal microscopique, d'une façon certaine, la nature des parties constituantes.

L'étude se fait d'abord avec la lumière naturelle en rayons parallèles, puis, grâce aux perfectionnements apportés aux microscopes, elle peut être continuée en lumière polarisée entre deux nicols en spath d'Islande croisés.

M. Appert a obtenu ainsi une série de figures qu'il fait circuler dans les rangs de l'assemblée. La forme et la couleur des cristaux décèlent la nature des éléments constitutifs.

M. Appert a essayé aussi un moyen d'investigation que M. Fouqué avait appliqué avec succès aux roches naturelles, et qui consiste à employer des liqueurs denses qui pèsent 3,2 à 3,5; ces liqueurs sont l'iodo-mercurate de potasse ou le tungsto-borate de baryum ou de calmium, ou enfin l'iodure de métylène : ces moyens n'ont pas réussi. En effet, les défauts auxquels on a affaire dans le verre sont toujours de même densité que le verre.

Ce sont donc les résultats de l'étude optique des éléments constituants des défauts que M. Appert se propose de faire connaître.

Le minéral qu'on trouve le plus fréquemment est le *quartz*, minéral très simple, monoclinique, très connu, dont la biréfringence est facile à déterminer.

En présence du quartz, la question à résoudre est la présence ou l'absence d'argile. Si le quartz apparait enveloppé par une matière grisâtre diffusant fortement la lumière, c'est qu'on a affaire au silicate d'alumine déshydraté non dissous dans la masse vitreuse, ce quartz provient alors du pot ou du bassin. Si le quartz est seul, le défaut provient de la composition elle-même; il faut l'attribuer, soit à la grosseur de la matière soit à un mélange insuffisant.

Enfin, dans beaucoup de circonstances, l'étude microscopique a révélé l'existence de cristaux divers, analogues à ceux trouvés dans la nature et provenant de la composition même du verre.

M. Appert cite la wollastonite qui est un bisilicate de chaux provenant de la dévitrification du verre. De cristallisation très facile, la wollastonite se présente souvent en grains infiniment petits qui ne deviennent visibles qu'après polissage du verre; on comprend la gravité d'un pareil défaut dont l'existence peut échapper pendant longtemps à l'œil le plus exercé de l'ouvrier. Il a été reconnu que la wollastonite se produisait quand la température baissait momentanément dans le four.

La wollastonite peut aussi exister en gros cristaux, et M. Appert présente quelques échantillons provenant d'un four à bassin de 100 t de capacité auquel est arrivé il y a quelques années un grave accident par

... ment. Le bassin s'étant détérioré, la matière vitreuse fondue ... lentement sans qu'il fût possible de l'arrêter; c'est dans ... dont le refroidissement a été très lent que se sont produits ces ... cristaux artificiels de wollastonite. En cas de refroidissement lent, ... à base de chaux a donc une tendance à se décomposer; et cet ... doit mettre le verrier en garde contre les variations possibles de ... de son four, pouvant entraîner une altération du verre et une ... de sa résistance.

... verre à vitre on cherche à employer un mélange de com... simple, il n'en est plus tout à fait de même pour d'autres qua... verre. Ainsi pour la fabrication des bouteilles, on cherche à y ..., par raison d'économie, des bases terreuses, entre autres, de ..., de la magnésie et un peu d'oxyde de fer; dans ces verres à ... multiples on trouve des cristallisations composées de wollastonite ... magnésien, avec un peu de fer, quelquefois avec un peu ..., ainsi que le montrent les dessins présentés. Dans d'autres ..., M. Appert a rencontré de la mélilite ou humboldtilite, ... multiple de chaux, magnésie, potasse et soude, alumine et fer; ... complexe qui par sa composition ressemble au verre auquel ... naissance. Cette cristallisation est un peu moins fréquente et ... mêmes inconvénients que la wollastonite seule.

M. Appert émet l'idée — dont il n'a pourtant pu avoir jusqu'ici la ... — que les accidents qui arrivent souvent dans les vins ... mal proviennent d'une altération du verre lui-même. ... en effet, que, tout verre où il se produit un commencement ... devient attaquable aux acides les plus faibles, même ... les plus étendus. Il est donc du plus haut intérêt d'éviter ... qui peuvent facilement donner naissance à des produits ...

... dans certains cas, MM. Appert et Fouqué ont trouvé, au cours ..., des cristaux de feldspaths, soit de l'oligoclase, soit ..., fait absolument nouveau et qui a été établi d'une façon ...

... résultats obtenus par cette série d'études sont assez précis pour ... actuellement répondre très rapidement aux questions rela... défauts de cette catégorie : il suffit de préparer des lames ..., ce qui est l'affaire de certains ouvriers spéciaux, puis de les ... successivement à la lumière naturelle et à la lumière polarisée.

M. Appert a été amené à une autre question, celle de la *dévitrification* ... verre. De nombreux chimistes ont abordé cette question; mais M. Ap... a des raisons de penser, d'après l'étude même qu'il a l'honneur de ... à la Société, qu'ils ne sont pas arrivés à des solutions exactes. ... pensait que le verre dévitrifié, auquel on avait donné le nom ... *de Réaumur*, n'était autre chose que la matière vitreuse ... des propriétés nouvelles par la cristallisation. M. Pelouze ... cette opinion dans un travail lu à l'Académie des sciences, ... glaces de Saint-Gobain; il considérait la dévitrification comme ... changement physique du verre. M. Péligot pensait que la

magnésie jouait un rôle prépondérant dans le phénomène de la dévitrification.

Enfin, M. J.-B. Dumas se faisait une opinion plus voisine de la réalité quand il attribuait la dévitrification à une cristallisation du verre due à la formation de composés définis, infusibles à la température existante au moment de la dévitrification ; il pensait donc que ce corps nouveau était d'une fusibilité beaucoup moins grande que le verre lui-même. M. Appert dit que les recherches qu'il a poursuivies avec le concours de M. Fouqué l'ont conduit à reconnaître que les corps cristallisés existant dans la masse dévitrifiée sont beaucoup moins acides que le verre dans lequel ils ont pris naissance. Ainsi, tandis que les verres contiennent 68 à 75 0/0 de silice, M. Appert n'a trouvé que 50 à 56 0/0 de silice dans les corps cristallisés dans certaines circonstances ; comme dans les phénomènes de cristallisation qui se produisent dans les laitiers des hauts fourneaux, on a trouvé des corps cristallisés à composition plus acide et même de la silice cristallisée à l'état de tridymite.

Un savant industriel de Dorpat, M. Beurath, avait pensé que ce phénomène était dû à des corps d'une composition définie, qui se formaient dans un verre normal de composition connue; il attribuait à ces corps des compositions fixes et identiques à elles-mêmes, quelle que fût la nature du verre. Cette explication est certainement inadmissible ; en effet, les cristaux ont une composition qui est toujours en relation avec celle du verre lui-même.

Par des températures longuement prolongées, M. Fouqué est arrivé dans le laboratoire de M. Appert à produire la dévitrification complète de verres de types très différents ; et il a reconnu ensuite à l'analyse l'existence de composés parfaitement définis, qui ont cristallisé successivement et d'une façon complète.

M. Appert cite une expérience bien faite pour éclairer sur l'état dans lequel les corps constitutifs des verres peuvent se trouver ; en partant d'un verre ferrugineux qui n'exerçait qu'une action très faible sur l'aiguille aimantée, on peut, après un temps prolongé, arriver à une dévitrification complète et la masse ainsi transformée était devenu puissamment magnétique ; il est évident qu'il s'est formé un corps nouveau, l'oxydule de fer cristallisé qui ne préexistait pas dans le verre.

M. Appert rappelle du reste qu'on trouvera dans le bulletin, le développement plus complet de ses déductions sur la composition des verres, déductions qui sont la conséquence de l'étude dont il vient d'esquisser les résultats.

M. Appert serait heureux, s'il a pu faire saisir l'intérêt pratique qui s'attache à cette application d'études qui, à première vue, paraissent exclusivement théoriques. *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président est très frappé du parti si heureux que M. Appert a su tirer de cette branche nouvelle de la minéralogie qu'on a pu quelquefois considérer comme sans utilité immédiate. Il remercie M. Appert d'avoir bien voulu apporter à la Société la primeur de ses recherches — et applaudit aux succès obtenus par M. Appert.

M. le Président donne la parole à M. N. de Tédesco pour sa communi-

[illegible] sur la *Résistance des matériaux*. — *Essai de méthode élémentaire* [illegible] *aux ponts rigides et aux ponts articulés.*

[illegible] a pour objet, d'une part, la recherche des formules rela[illegible] à la résistance et à la déformation des poutres articulées ; d'autre [illegible] ce que deviennent ces formules pour un nombre infini [illegible] infiniment petits. On retrouve alors les expressions corres[illegible] relatives aux poutres rigides, telles qu'elles sont données par [illegible] le calcul intégral.

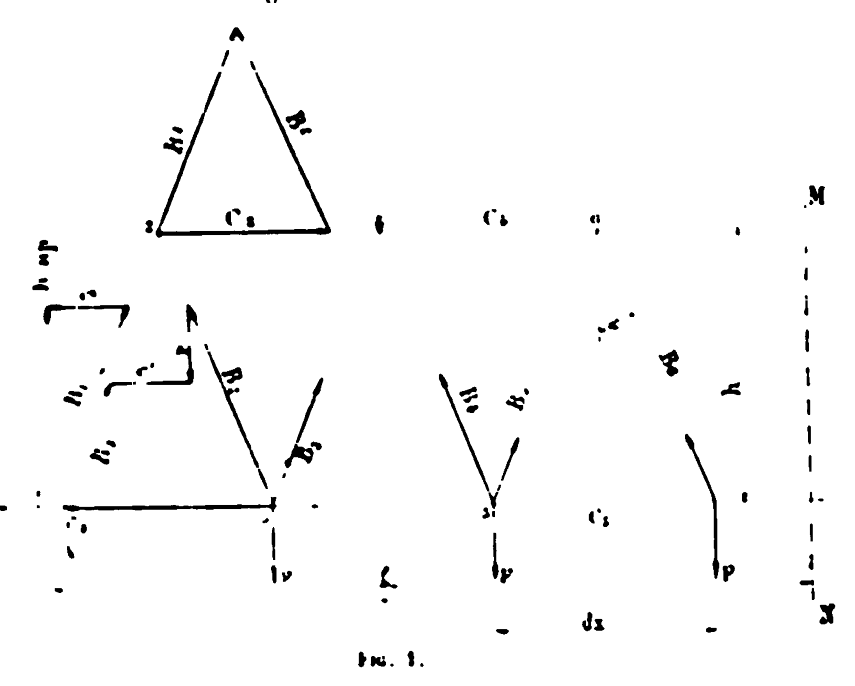


Fig. 1.

[illegible] par exemple, une poutre articulée reposant librement sur deux [illegible] niveau et uniformément chargée. Cette poutre sera du système Warren à triangles isocèles. Les sommets ou articulations 1, 2, 3... [illegible] nœuds les côtés isocèles, *barres*, et les bases, *cordes*. Nous [illegible] par B_1, B_2, B_3... et par C_1, C_2, C_3... les efforts subis par [illegible] et par les cordes. Soit a l'angle d'une barre avec la verticale, [illegible] théorique du pont, dx la longueur d'une corde. On suppose [illegible] poutre est chargée de poids p à tous les nœuds inférieurs, et que [illegible] des nœuds pour une demi-poutre est n. La réaction sur [illegible] appui est donc np.

[illegible] composition de forces permet de déterminer les efforts [illegible] par les diverses barres ou cordes ; ces constructions graphiques, [illegible] sur la figure (1), montrent la marche à suivre : on détermine [illegible] d'abord les forces B_1 et C_1 qui font équilibre à la réaction np, puis [illegible] B_2 et C_2 qui équilibrent l'effort B_1, ensuite les forces B_3, C_3 qui [illegible] aux forces B_2, p et C et ainsi de suite.

A la seule inspection de cette construction, on remarque que les efforts subis par les barres issues d'un même nœud supérieur sont égaux et de signes contraires, et qu'ils diminuent à chaque nœud supérieur successif, en allant de l'appui vers le milieu de la poutre, d'une quantité correspondante à une charge p. Si donc on appelle x le nombre de nœuds chargés depuis l'appui jusqu'au nœud considéré, on aura d'une façon générale :

$$B = (n-x)\, p \times \frac{1}{\cos\alpha} \quad (1) \quad = \sum p \text{ (de } x \text{ à } n) \times \frac{1}{\cos\alpha}$$

Supposons que, le nombre n devenant infiniment grand, la portée l restant la même, dx et α décroissent jusqu'à devenir plus petits que toute quantité donnée, la poutre articulée sera transformée en poutre rigide, dont les rives seront les cordes contiguës, et l'âme les barres adjacentes. Les efforts sur les barres issues d'un même nœud supérieur étant toujours égaux et de signes contraires, et, de plus, verticaux tous les deux, la poutre sera soumise, dans la section verticale considérée, à un effort de cisaillement ou effort tranchant dont l'intensité T sera mesurée par :

$$T = (n-x)\, p \qquad (\cos\alpha = 1)$$

et comme n et x représentent des nombres de cordes, ils représenteront également les longueurs cumulées correspondantes, si l'on prend la corde dx comme unité; c'est dire qu'on peut remplacer n par ndx ou $\frac{l}{2}$ et x par xdx ou x,

D'où : $$T = \left(\frac{l}{2} - x\right) p = \int_x^{\frac{l}{2}} p dx.$$

On voit que la forme de l'intégrale s'explique aisément; cette notation revient à celle mentionnée ci-dessus. On peut remarquer également que, dans le pont rigide, p est toujours la charge afférente à une corde, c'est-à-dire à l'unité de longueur.

Si l'on passe aux efforts subis par les barres, la construction graphique montre que les forces développées dans les cordes sont dirigées vers le milieu de la poutre, pour les cordes supérieures (compression), et en sens inverse pour les cordes inférieures (extension); que C_1 est la projection horizontale de B_1, C_2 de $B_1 + B_2$, C_3 de $B_1 + B_2 - B_3$, et ainsi de suite; les efforts subis par les cordes successives augmentent à chaque nœud de la projection horizontale de la barre correspondante; si on remplace dans les valeurs des projections, $B_1 \sin\alpha$, $B_2 \sin\alpha$, etc., B_1 et B_2 par leur valeur $np \times \frac{1}{\cos\alpha}$, B_3, B_4 par $(n-1)\, p \frac{1}{\cos\alpha}$, et $\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$ par tg α ou par $\frac{dx}{2h}$, on a pour valeur générale de C :

$$C = \frac{dx}{h}\Big[(n) + (n-1) + (n-2) \ldots\ldots + (n-x)\Big]\, p \qquad (2)$$

En faisant la sommation des termes de la progression arithmétique :

$$C = \frac{dx}{h}\left(\frac{2n-x}{2}\right)(x+1)\,p \qquad (3)$$

Quand le nombre n devient infini, les efforts subis par deux cordes voisines, l'une inférieure, l'autre supérieure, ne différant que de la composante horizontale de l'effort sur la barre correspondante, diffèrent d'une quantité infiniment petite ; ces deux efforts, sollicitant les extrémités d'une même section, sont égaux, parallèles et de sens contraire, et forment un couple dont le moment est $C \times h$. Ce moment ayant pour effet d'attaquer la section, de la faire fléchir, on lui a donné le nom de moment fléchissant et on le désigne par μ.

Le moment des composantes horizontales moléculaires Ch fait équilibre au moment des forces verticales. En effet, dans l'équation (2), les produits $pn\,dx$, $p(n-1)\,dx$ ..... $p(n-x)\,dx$, représentent les moments par rapport au milieu de la poutre, de toutes les charges échelonnées depuis l'appui jusqu'à la section x considérée ; on a donc :

$$C \times h = \sum M\,p \text{ (depuis } o \text{ jusqu'à } x) = \int_o^x M\,p\,dx.$$

Pour effectuer cette sommation, il suffit de faire n infiniment grand dans l'équation (3) ; l'unité de $(x+1)$ est négligeable devant x, nombre infiniment grand également, et dx est toujours égal à 1. D'où :

$$C \times h = \mu = \int_o^x M\,p\,dx = \left(\frac{l-x}{2}\right) px.$$

L'équation (2) est susceptible d'une autre interprétation. En effet, les produits np, $(n-1)p$... $(n-x)p$, ne sont autre chose que les efforts tranchants T_o, T_1 ..... T_x. On peut donc écrire :

$$C \times h = \mu = T_o\,dx + T_1\,dx \ldots + T_x\,dx.$$

$$C \times h = \mu = \int_o^x T\,dx.$$

Ce qui montre que le moment fléchissant peut s'obtenir par la somme des aires des rectangles élémentaires $T_o dx$, $T_1 dx$ ... $T_x dx$, soit par l'aire de la surface enveloppe de ces rectangles, surface qui est limitée par la courbe représentative des efforts tranchants, depuis l'appui jusqu'à la section considérée.

La formule $Ch = \mu$ permet de calculer rapidement la section des rives, quand la hauteur h est grande par rapport à la hauteur des rives elles-mêmes (on prend alors pour h la distance entre les centres de gravité de ces sections). La section de la rive doit être telle que $C = R\omega$, et comme $Ch = \mu$, on a $\mu = R\omega h$. Ce qui permet de calculer ω.

On remarquera que, dans ce cas, le moment d'inertie est $\frac{\omega}{2} h^2$ et le

module de résistance $\frac{I}{v} = \frac{\omega}{2} h^2 \times \frac{2}{h} = \omega h$. La formule $\mu = R\omega h$ est donc équivalente à la formule $\mu = R \frac{I}{v}$.

Enfin, la même méthode analytique élémentaire permet de retrouver l'équation de la fibre neutre, et ce dans les cas plus complexes, poutre encastrée symétriquement, encastrée d'un seul côté, poutres continues.

La recherche des formules relatives aux déformations des ponts articulés entraine à des calculs longs et fastidieux, c'est vrai; mais, d'une part, elle n'est faite par aucun traité, au moins pour les cas complexes (peut-être pour cette raison); d'autre part, elle conduit à des procédés graphiques simples. En outre, elle semble devoir rendre des services aux écoles techniques, dans l'enseignement desquelles les mathématiques spéciales ne sont pas comprises, attendu qu'elle donne du même coup toutes les formules relatives aux ponts rigides et familiarise suffisamment les élèves avec le sens philosophique et les notations du calcul intégral, pour qu'ils puissent s'en servir avec fruit, à l'aide de tables ou de procédés graphiques.

M. le Président remercie M. de Tédesco de la communication qu'il vient de faire et qu'étudieront avec intérêt tous ceux qui s'occupent de construction.

Il rappelle que l'ordre du jour appelle maintenant la suite de la discussion des communications de MM. Dumoulin et Jouffray sur le tirage forcé. — Il invite M. Michel Perret à présenter les observations qu'il a annoncées sur cette importante question.

M. Michel Perret estime que la question traitée dans la précédente séance, du tirage forcé, est d'une grande importance, soit qu'on veuille employer les houilles menues, les fines; soit qu'on veuille, avec une surface donnée de générateurs, obtenir une plus grande production de vapeur, — ce qui est nécessaire avec les torpilleurs.

Lorsqu'on veut employer le tirage forcé et qu'on a à sa disposition des houilles grasses, rien n'est plus facile; il n'y a presque rien à changer. La preuve en a été donnée, dans ces derniers temps, par l'emploi que les chemins de fer se sont mis à faire des houilles menues. Il paraissait impossible de brûler ces houilles menues dans les locomotives; on a d'abord brûlé du coke, puis des agglomérés; ce n'est que tout récemment qu'on en est venu aux houilles menues. On s'est demandé comment on avait été si longtemps à faire une chose si simple, puisqu'il n'y a presque rien à changer dans la disposition des grilles.

Une anecdote bien ancienne fera saisir d'où venaient ces préventions.

Il y a environ cinquante ans, peu après que Marc Seguin eut construit ses premières chaudières tubulaires, M. Michel Perret essayait les premiers bateaux à vapeur sur la Saône. Pour leur service les meilleurs charbons semblaient nécessaires. Un jour, arrêté par manque de combustible, M. Michel Perret trouve à acheter chez un maréchal ferrant de la houille grasse menue; il l'embarque et en charge le foyer. Les résul-

[illegible] aussi bons que ceux obtenus les jours précédents avec la [illegible]. Il faut dire que grâce à l'échappement de la vapeur dans [illegible], on réalisait le tirage forcé.

[illegible] heureux, l'emploi des menus a été si longtemps [illegible], il faut l'attribuer à la résistance des chauffeurs ; et la preuve [illegible] valeur des houilles menues n'a pu être faite que quand on eut pris [illegible] de faire participer les chauffeurs aux bénéfices de l'opération, et [illegible] résultats ont été bons.

M. Michel Perret reconnaît que le problème est bien plus difficile [illegible] on veut brûler des combustibles menus, secs et ne s'agglomérant [illegible]. Il faut alors avoir recours au resserrement des barreaux des grilles, [illegible] arriver à ne donner aux barreaux que 0,003 m d'écartement seulement, et puisque ces conditions de 0,003 m d'écartement des barreaux [illegible], on conçoit que la moindre altération de la grille a [illegible] de graves inconvénients. Il fallait donc aviser au moyen de [illegible] la grille inaltérable, et c'est dans ce but qu'on a songé à refroidir [illegible]. On a employé à tort le mot de grille immergée : en réalité c'est [illegible] qui a de hauts barreaux dont l'extrémité inférieure plonge [illegible] dès lors les barreaux ne s'altèrent plus et les 0,003 m d'écartement [illegible] maintenant, on a pu continuer ainsi à brûler indéfiniment de [illegible] maigre. Cette immersion des barreaux de la grille dans l'eau [illegible] un phénomène spécial : l'eau se vaporise, et la vapeur passant à travers de la masse embrasée s'y décompose. On a longtemps [illegible] que cette décomposition ne pouvait rien produire, que la dissociation [illegible] éléments enlevait une certaine quantité de chaleur. Cependant l'intervention de l'eau produit des avantages très marqués. En [illegible] gaz combustibles étant plus riches, par la réduction du volume [illegible], donnent plus de chaleur sous un même volume ; le fait est [illegible] avec les gazogènes, il l'est moins pour les grilles de chaudières, [illegible] il se produit un effet réel, peut-être dû au moindre volume [illegible] par la cheminée.

M. Michel Perret tient en finissant à signaler un fait qui l'a étonné, [illegible] du cependant admettre : plus le tirage forcé est intense, [illegible] résultats utiles sont bons par rapport au combustible brûlé ; [illegible] pression de vent augmente, plus le feu devient intense, mais [illegible] production de vapeur par kilogramme de houille est forte.

[illegible] une usine où on produisait couramment 7 et 8 *kg* de vapeur par kilogramme de houille, l'introduction du vent forcé a fait tomber [illegible] à 4 *kg*.

L'emploi du vent forcé est commode ; le chauffeur en use volontiers ; [illegible] c'est une arme coûteuse qu'on met entre ses mains.

Dans l'usine en question, malgré des carnaux de fumée de 120 m de [illegible] et une cheminée de 40 m de hauteur, on obtenait un panache [illegible] flamme au sommet de la cheminée dès qu'on marchait à vent forcé.

Il y avait donc production d'une grande quantité d'oxyde de carbone [illegible] quittait le foyer sans se brûler ; il est probable qu'à très haute température la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone est beaucoup plus facile, et s'opère même avec de faibles épaisseurs de

combustible; et, par suite, la marche à vent forcé produit des effets peu différents de la marche en gazogène.

Ce qui a été constaté dans cette usine, c'est ce qui a été constaté dans les torpilleurs.

Il faut donc être très prudent dans l'emploi du vent forcé, et prendre toujours en même temps des mesures pour assurer la combustion complète de l'oxyde de carbone produit; ce sont ces mesures complémentaires qui ont le plus souvent été négligées.

M. Michel Perret pense qu'il en a assez dit, — après tout ce qui a été développé précédemment, — pour montrer l'extrême importance de la question, trop peu étudiée jusqu'ici. *(Applaudissements.)*

M. le Président partage l'avis de M. Michel Perret et le remercie d'avoir bien voulu venir faire profiter la Société de sa grande et longue expérience.

M. le Président donne ensuite la parole à M. A. Lencauchez qui désire compléter les observations sommaires qu'il a présentées à la précédente séance.

M. A. Lencauchez dit que l'effet de l'arrosage des cendriers de gazogènes ou de grilles n'est pas du tout le même; dans le premier cas, on peut décomposer 350 *g* de vapeur d'eau par kilogramme de combustible sec et faire passer le gaz de coke, par exemple, de 900 calories le mètre cube à 1 210 calories, les gaz étant ramenés à 0° et à 760 pour leur comparaison; de sorte qu'avec des gazogènes à sole arrosée, avec robinet régulateur, et fermés hermétiquement avec des portes spéciales à cet effet, on peut réaliser pour le chauffage des fours métallurgiques et autres une économie de 200 à 300 calories par mètre cube à 900 calories, soit de 33 0/0; mais, dans le second cas, il n'en est plus de même, car si une grille chauffe directement une chaudière à vapeur, il n'y a plus généralement de récupération; l'action étant directe, si une faible quantité de vapeur d'eau traverse une couche de combustible de 80 à 120 *mm*, elle peut être décomposée et reconstituée partiellement; l'action étant égale à la réaction, on arrive à 0, dans les conditions les plus favorables : on risque de perdre, mais jamais de gagner. Dans la pratique, il est nécessaire de protéger les barreaux contre l'action corrosive des laitiers ou mâchefers, de là l'arrosage ou le bain d'eau du cendrier qui, par son action réfrigérante, s'oppose à la destruction de la grille. Le bain d'eau a encore l'avantage d'éteindre les escarbilles rouges au fur et à mesure de leur chute, ce qui s'oppose à ce que la grille se trouve placée entre deux feux, auquel cas sa destruction serait l'affaire de quelques heures dans beaucoup de cas.

Mais tout ceci est connu depuis longtemps, l'action réfrigérante du bain d'eau a pour effet encore de solidifier les mâchefers sur la grille et de les transformer en une grossière éponge, sur laquelle on brûle très bien les combustibles secs et pulvérulants.

Cependant il faut reconnaître que le calorique latent de formation de la vapeur, dans le cendrier, *est bien du calorique perdu en totalité;* car, en effet, la vapeur d'eau ne pouvant être condensée dans les fumées, emporte dans la cheminée tout son calorique latent de formation, plus à poids égal une quotité de calorique spécifique double de celui des gaz

... vu que la capacité de la vapeur d'eau pour la chaleur est ... celle des gaz n'est que de 0,23 (du moins pour ceux que ... a considérer). Donc, l'emploi de la vapeur d'eau, soit ... cendrier ou de son bain, est d'une très grande utilité pra... est une cause de diminution de 1 à 2 0/0 du rendement ... de la combustion, qui est très largement compensée par les ... pratiques que M. Lencauchez vient de signaler.

M. Lencauchez dit ensuite que l'emploi du vent dans les foyers peut ... bien différents :

1° Si le combustible est lourd et sec, comme les houilles anthraciteuses ... est en poussière, il faut un très fort tirage pour que l'air ... traverser la grille et sa charge : ce tirage doit, pour les chaudières ... vide de 10 à 15 mm ; si la cheminée ne peut donner ce ... il faut faire la différence par une soufflerie quelconque ; donc, si ... une dépression totale de 15 mm et que la cheminée ne ... qu'un vide de 7 mm, il faut souffler le cendrier sous ... de 8 mm, étant bien entendu que le courant d'air ne doit pas ... pour entraîner le combustible. Quant à l'étendue de la ... elle doit être telle que l'air aspiré ou soufflé trouve une ... de filtration assez grande pour ne pas prendre des vitesses capables de soulever le combustible grenu, menu ou poussiéreux, plus ou ... Il faut bien reconnaître ici que la forme des barreaux de ... n'est absolument pour rien dans les résultats obtenus, où la surface et le serrage des barreaux de celle-ci sont tout exclusivement.

2° Si le combustible est gras, demi-gras ou même maigre, mais brûlé ... épaisse, il peut se produire des distillations de gaz combustibles avec formation de quantité plus ou moins grande d'oxyde de carbone qui, malgré un grand excès d'air, ne brûle que très imparfaitement, ... les moyennes ci-dessous, de vingt analyses de fumée, le font ...

	CO^2	O	CO
1re moyenne	8,00	7,00	3,94
2e —	9,00	9,00	1,5

Pour ... la combustion complète a se produire dans les locomotives, ... recours à la voûte en briques ou mieux encore à la cloison Tenbrinck, avec addition d'air secondaire venant brasser et mélanger intimement dans la zone la plus chaude du foyer, C^2H^4, C^4H^4, H et CO avec O pour former finalement CO^2 et HO, naturellement avec 20 à ... 0/0 d'air en excès Az et O.

Mais, pour les chaudières fixes, où l'on n'a pas le tirage violent de la locomotive, on a recours à cet artifice :

La grille, suivant la nature du combustible, est à barreaux plus ou moins espacés et d'une surface convenable pour brûler, par le simple tirage de la cheminée, la quantité de houille requise ; le cendrier est à cuvette remplie d'eau alimentée d'une façon constante, par un robinet régulateur, les 90 ou 95 centièmes de l'air nécessaire à la combustion pratique, soit avec 20 0/0 en excès sur la quantité théorique, traversent la grille et 5 à 10 0/0 de l'air sont injectés sous forme de vent à la pression de 100

à 160 *mm* d'eau, par un fer à cheval de buses de 30 *mm* de diamètre; ce vent produit le mélange intime des gaz et de l'air à 250 ou 300 *mm* au-dessus de la charge de combustible et donne la combustion complète.

Quant à la pression du vent, elle est proportionnelle à l'étendue de la grille, car celui-ci doit avoir la force de traverser de part en part le foyer pour briser le parallélisme des veines gazeuzes qu'il doit mélanger intimement. Les buses d'injection sont en terre cuite extraréfractaire de première qualité; de plus, elles sont placées en retraite de 100 à 110 *mm* de la verticale des parois du foyer, afin de ne pas être vitrifiées par la haute température qui est développée en ce point.

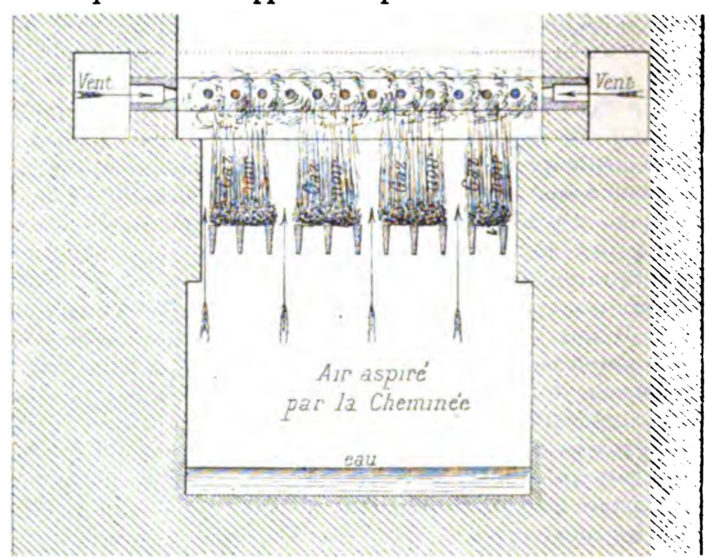


FIG. 2.

Pour ce qui regarde l'excès de volume d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de houille, on voit d'après les expériences comparatives de la Société industrielle de Mulhouse (reproduites dans *la Mécanique pratique* (*Machines à vapeur*) de A. Morin et H. Tresca, 1863; Hachette, éditeur, § 361, p. 363), que cet excès peut atteindre 50 0/0 sans être nuisible.

	Volume d'air par kilogramme. (1)	Poids correspondant de cet air.	Température de la fumée à sa sortie.	Vaporisation par kilo de la même houille.
	—	—	—	—
Chaudière Zambeaux . . .	7,23 *m*	9,35 *kg*	262°	7,68 *kg*
— Dollfus.	8,58	11,09	441	6,71
— Prouvost. . . .	16,36	21,15	184	7,69
— Molinos et Pronnier	17,25	22,30	257	7,73

(1) La houille employée était celle de Ronchamps.

(Voyez aussi l'ouvrage de M. Lencauchez sur les combustibles, pages 159 à 176, chez Bernard-Tignol, quai des Grands-Augustins, à Paris).

... donné ce tableau. MM. Morin et Tresca disent : « On se ... de conclure de ces chiffres qu'on peut brûler aussi bien le ... avec 16 m² qu'avec 8 m² par kilogramme de houille ».

... d'injection latérale ne peuvent fournir que 25 0/0 au ... l'air total, ces 25 0/0 fussent-ils complément en excès, qu'ils ... point diminuer la production de la vapeur.

... Zambeaux est tubulaire verticale, la chaudière Prouvost ... tubulaire, la chaudière Molinos et Pronnier est horizontale tu- ... chauffement graduel et méthodique, seule la chaudière Dollfus ... aussi son infériorité est-elle manifeste.

... dit M. Lencauchez, un coefficient de rendement en matière de ... vapeur, dont il n'a été nullement question jusqu'ici; ce ... est la personne du chauffeur; son habileté, son courage et ... volonté valent en moyenne 15 0/0; mais ses préjugés, son igno- ... sa mauvaise volonté valent aussi, mais négativement, 15 0/0; ... les essais entre de bons et de mauvais chauffeurs, on trouve ... de rendement de 30 0/0, dont les inventeurs habiles sa- ... tirer très bon parti, en ce qui concerne leurs intérêts ...

M. Lencauchez, abordant la question des torpilleurs, dit : « On s'est ... en croyant qu'on pouvait araser par le bas une chaudière du ... locomotives, de façon à avoir dans le même plan horizontal le ... de tubes et la grille, vu qu'il fallait se loger entre quille et ... arasement a eu pour effet :

1° De s'opposer à la circulation de l'eau entre les murailles des ... feu, de là des poches de vapeur, de là la mise à sec des ... de là les coups de feu mettant hors service en quelques ... d'un torpilleur dite du type locomotive, ce qui est ... erreur. Là-dessus on a fait des théories pour donner aux ... torpilleurs mille heures de service, parce que soi-disant ... poussées à outrance; ce qui en réalité n'est pas, car si elles

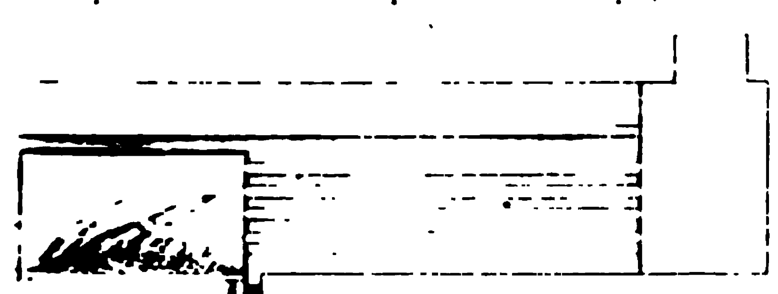


Fig. 3.

... beaucoup de combustible, elles produisent très peu de va- ... 1 kg de ce combustible.

2° ... la grille en un mauvais gazogène, car on a voulu ... 450 kg de grille par heure et par mètre carré de surface ... alors qu'on n'aurait pas dû dépasser 100 kg; mais comme

une surface quatre fois plus grande était impossible à loger, on a pensé à remplacer le tirage des locomotives par le vent dans les salles des chaudières, afin d'arriver à la même différence de pression entre le cendrier et le sommet des cheminées; ce qui aurait été parfait, si les chaudières eussent bien été celles des locomotives ; ainsi prenant celles d'Orléans pour type de comparaison et qui passent, à juste titre, pour les plus perfectionnées, qui brûlent facilement 450 *kg* par mètre carré de surface de

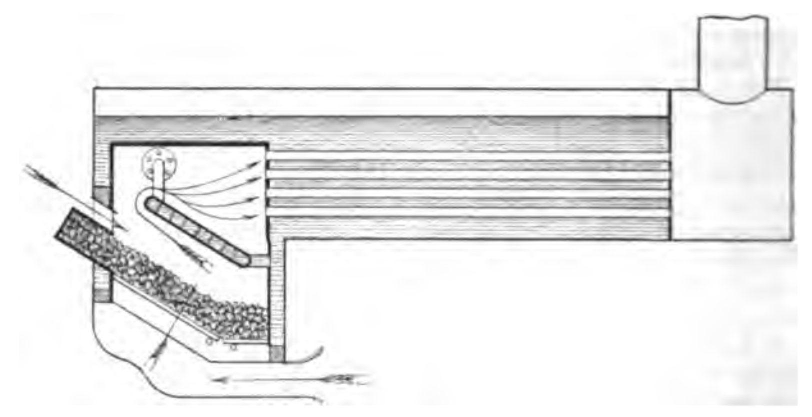


Fig. 4.

grille et par heure de tous genres de combustibles et briquettes diverses, en donnant la combustion complète ***sans trace de fumées*** même avec des charbons de l'Aveyron à 36 0/0 de matières volatiles; nous voyons que, sans fatigue aucune, elles produisent par heure 7 000 *kg* de vapeur, soit 50 *kg* par heure et par mètre carré moyen, tandis que les chaudières des torpilleurs, pour produire la moitié, soit 3 500 *kg*, ont brûlé leurs boites à feu ; la consommation de combustible a bien été aussi grande que celle des locomotives, mais ce combustible *de grand luxe*, dit aggloméré d'Anzin spécial pour torpilleur, y donne de l'oxyde de carbone : il suffit de comparer les figures 3 et 4 pour voir qu'avec des épaisseurs de charges de 250 à 350 *mm* de combustible, on ne peut avoir que la marche en gazogène, c'est-à-dire avec de l'air primaire traversant la grille pour faire de l'oxyde de carbone, etc., etc., de l'air secondaire pour brûler dans une vaste chambre de combustion les gaz combustibles formés par l'air primaire. Le foyer d'Orléans réalise parfaitement bien la combustion complète avec le minimum d'air pratiquement indispensable et ***avec fumivorité absolue***; la voûte en brique remplaçant la cloison Ten-Brinck donne aussi une fumivorité satisfaisante et une bonne combustion pour les mêmes raisons; foyer et chambre de combustion séparés, air primaire et air secondaire agissant successivement, le premier dans la charge sur la grille et le second dans la chambre de combustion.

Mais dans les chaudières de torpilleurs figure 3 il ne saurait en être ainsi, vu qu'une couche de combustible supérieure à 120 ***mm*** est la cause d'une production de gaz combustibles qui ne peuvent brûler avant leur introduction dans les tubes vaporisateurs ; la disposition indiquée figure 2

. . . insuffisante vu le manque absolu de chambre de com-
.

M. L. . au... fait remarquer que, dans la précédente séance, il a fait . . . les torpilleurs, il faut gagner en longueur, ce qui fait de- . . . sous le pont ; et, pour ce, faire comme la Haute-Italie : . . . système de la chaudière Fairbairn, en l'additionnant d'entre- . . . de vent du système Molinos et Pronnier et de plus, par . . . ations spéciales, faciliter la circulation de l'eau autour de . . . (fig. 5 et 6).

. . . largeur de la lame d'eau autour des foyers est de 0,075 m. . . . minimum auquel on a pu arriver dans les locomotives, car il . . . la chaudière entre longerons et, pour les machines à voya- . . . à peine si on arrive à une largeur de grille de 1,040 m. Mais . . . torpilleurs, si on ne peut avoir de la hauteur on peut prendre . . . la largeur et porter la lame d'eau de 0,075 m à 0,120 m ; . . . peut à la base du cadre de foyer faire deux demi-cercles . . . (fig. 5) et les raccorder à deux tuyaux T' (fig. 6), facili-

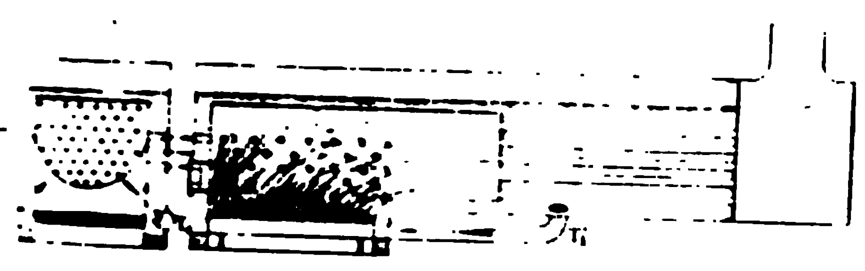


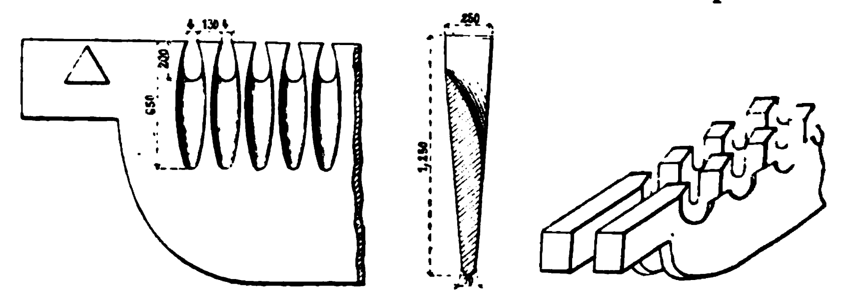
Fig. 6

. . . la circulation de l'eau autour du foyer. En portant à 0,200 m. . . . 0,140 m les demi cercles T et les tuyaux T', on peut assurer . . . circulation d'eau dépassant toutes limites, car le plancher . . . au-dessous le pont ne gêne pas du tout le placement . . . T'. De ce côté, on ne peut faire aucune objection ou critique. . . . même pour les buses d'injection d'air du système Molinos . . . : la chambre étant soufflée, le vent se règle au moyen d'un . . . distributeur avec la plus grande facilité, pour l'introduc- . . . secondaire ; alors on peut marcher avec une couche de com- . . . aussi forte que celle des locomotives d'Orléans, en ayant la . . . complète produisant la fumivorité *absolue* et ceci en brûlant . . . comme dans les locomotives, 650 *kg* de houille ou de bonnes . . . par heure et par mètre carré de grille et non pas en les con- . . . production d'oxyde de carbone et de gaz de distillation, . . . fumée noire, intolérable dans le jour, et faisant de la cheminée . . . fanal . . . de gaz la nuit, ainsi que font aujourd'hui la plus . . . partie des torpilleurs de tous les pays. De plus, le combustible . . . complètement en CO^2 et HO produira 9 *kg* de vapeur réelle par . . . de briquette dite à torpilleur, marque d'Anzin, dont il . . . nt

que, sans rien changer, une amélioration de la combustion sera encore pour les torpilleurs une cause d'augmentation de vitesse, puisque de 6 *kg* la production sera portée à 9 *kg;* la puissance sera donc augmentée de moitié et la vitesse s'accroîtra de un sixième, ce qui est de la plus haute importance en marine militaire, *après avoir obtenu la fumivorité absolue.*

M. Lencauchez termine en disant que la nécessité d'augmenter de 1,500 *m* à 2 *m* la longueur des chaudières des torpilleurs force à couper ceux-ci, pour les allonger de 2 à 3 *m*; mais comme ces petits navires réclament des modifications de coque, il faut en profiter pour les doter de la chaudière qui leur convient, c'est-à-dire de la chaudière Fairbairn perfectionnée, ainsi que font les chemins de fer de la Haute-Italie, pour leurs grosses machines à voyageurs de montagne à dix roues, dont six sont accouplées, mais avec les additions indiquées figures 5 et 6. *(Applaudissements.)*

M. le Président donne connaissance d'une lettre de MM. Goguel, Diehl et Cie, de Sainte-Marie-aux-Mines, qui estiment que les observations de M. Jouffray sur le tirage forcé et les types de grilles sont très justes. Ils signalent qu'ayant dû remplacer la houille en morceaux par des fines, et ayant dépassé le nombre des chaudières qui pouvaient normalement être attelées sur une même cheminée, le tirage est devenu insuffisant et les grilles se sont brûlées rapidement. Ils ont utilement substitué aux anciens barreaux écartés des barreaux très élevés espacés seu-



lement de 4 *mm* et disposés de façon à former une sorte de carrelage en quinconce. Ce type de barreau a permis l'emploi du vent forcé, et n'est pas sujet à être altéré par la chaleur du foyer.

Quant à l'économie réalisée, MM. Goguel et Cie indiquent le chiffre de 3 0/0 sans pouvoir le garantir.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président déclare la discussion close.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR

LE TIRAGE FORCÉ

ET

SON APPLICATION AUX CHAUDIÈRES MARINES

PAR

M. Maurice DEMOULIN

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

On dit que le tirage d'un foyer est *forcé* lorsque l'appel de l'air à travers le combustible et le mouvement des gaz dans les tubes ou carneaux du générateur correspondant sont produits par des moyens artificiels, autres que l'ascension naturelle des produits de la combustion dans la cheminée.

Le tirage forcé s'est récemment répandu dans la marine, et il est certainement appelé à se généraliser, tant pour les bâtiments de guerre que pour certaines catégories de navires du commerce. C'est toutefois à la locomotive, et dès le début de sa création, que ce mode de tirage a été tout d'abord appliqué.

Il y a entre le tirage naturel et le tirage artificiel une différence de degré, non de principe. Le dernier, ayant pour but, soit de parer à la trop faible hauteur de cheminée imposée par certaines conditions spéciales, soit d'obtenir d'une chaudière de faible volume une puissance relativement considérable, offre actuellement peu d'intérêt en ce qui concerne les chaudières fixes, pour lesquelles on se trouve moins limité sous le double rapport du poids ou de l'encombrement. Il n'en est pas de même des locomotives et des chaudières marines à grande vitesse pour lesquelles il acquiert une importance primordiale. C'est en grande partie grâce au tirage forcé que l'on a pu obtenir sur mer les grandes vitesses qu'atteignent les torpilleurs, certains cuirassés et paquebots. Nous disons seulement *en grande partie*, car l'adoption des machines à détentes

fractionnées, du condenseur à surface et des chaudières à haute pression ont eu également une grande influence. Ces différents perfectionnements se complètent, mais la suppression du tirage artificiel entraînerait pour les torpilleurs ou les croiseurs modernes une perte considérable de puissance ou de vitesse.

Il existe trois manières de produire le tirage artificiel à bord des navires. La plus simple et la moins efficace aussi, en ce sens qu'elle ne produit que de faibles dépressions, à moins d'une dépense considérable de vapeur, consiste à envoyer, à la base de la cheminée, un jet de vapeur à l'aide d'un tuyau annulaire percé de petits trous. Ce système n'est plus guère employé aujourd'hui à bord des bâtiments dont nous nous occupons, aussi ne nous y arrêterons-nous pas. Il présente une mauvaise utilisation de la vapeur et possède le défaut, très grave pour les bâtiments de mer à grande vitesse, d'entraîner une perte d'eau douce. Bien que l'on ait accru le rendement au moyen d'appareils spéciaux tels que les éjecteurs Koerting, le tirage par jet de vapeur a fait son temps. Il est seulement utile à bord des navires, dont les machines fonctionnent au tirage naturel, pour éclaircir les feux à un moment donné et remédier à une diminution momentanée du tirage.

Par la seconde méthode, on insuffle, à l'aide de conduits, le courant d'air produit par les ventilateurs, dans les cendriers, sous les grilles.

Le troisième procédé, le plus répandu aujourd'hui, et connu sous le nom de tirage *en vase clos*, consiste à lancer, au moyen de ventilateurs, dans les chambres de chauffe hermétiquement fermées, et à une pression de quelques centimètres d'eau, l'air nécessaire à la combustion.

C'est ce dernier système qui est le plus généralement appliqué à bord des torpilleurs et des grands navires de guerre. Toutefois, pour les petites installations surtout, il paraît appelé à céder le pas au mode de tirage précédent dont certains avantages commencent à se faire jour.

Examinons maintenant quels sont les avantages et les inconvénients inhérents à ces différents systèmes et que l'on peut, croyons-nous, résumer comme suit :

Le tirage forcé en chambre close a l'inconvénient d'exiger des dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité des chambres de chauffe, ce qui complique, en outre, le service. Les hommes, enfermés, se sentent pour ainsi dire isolés du monde extérieur et perdent confiance. Qu'un tuyau de vapeur ou un joint vienne à crever,

[illegible] et ils courent risque d'être brûlés. En cas d'accident, ils [illegible] plus difficile de s'échapper.

Lorsque l'on ouvre la porte du foyer, pour charger la grille, une [illegible] trombe d'air frais se précipite par cette ouverture et [illegible] avant de s'être suffisamment réchauffée, en contact avec les [illegible] de la boîte à feu, la plaque tubulaire et les tubes eux-mêmes. Outre que la production de la chaudière et l'économie du [illegible]ment se trouvent diminuées par ce refroidissement [illegible] les divers joints du foyer et surtout les assemblages [illegible] sur les plaques se trouvent soumis à des contractions et [illegible] successives dont ils ont beaucoup à souffrir. Il ne faut [illegible] chercher ailleurs, dans bien des cas, les causes de fuites [illegible] foyers.

[illegible] tirage en vase clos a surtout dû la préférence dont il a été [illegible] à la crainte, démentie par l'expérience, de voir le tirage se [illegible] inégalement sur la grille si l'air est insufflé directement [illegible] cendrier ; en réalité, il présente l'avantage d'offrir à l'air, [illegible] par les ventilateurs, un volume plus grand, ce qui di-[illegible] irrégularités du tirage. En outre, les produits de la com-[illegible] peuvent être refoulés à travers les fentes de la porte du [illegible] dans la chaufferie. D'ailleurs, cet inconvénient du [illegible] par insufflation directe dans les cendriers peut être diminué [illegible] avec soin les joints des portes de chargement et si [illegible] la précaution d'envoyer également une lame d'air, dans [illegible] du fourneau, au pourtour de l'ouverture.

[illegible] principal avantage du tirage en vase clos est d'assurer la ven-[illegible] des chaufferies d'une manière très complète.

[illegible] hommes de service, environnés par l'air frais, sont ainsi [illegible] exposés à souffrir de la chaleur intense du foyer et du rayon-[illegible] chaudières, que l'on doit, du reste, s'attacher à dimi-[illegible] le plus possible au moyen d'enveloppes isolantes. Ajoutons [illegible] n'est plus forcé d'arrêter le vent pendant les chargements [illegible] nettoyage des cendriers, mais, ainsi que nous venons de [illegible], c'est là un médiocre avantage, puisqu'il est accompagné [illegible] refroidissements nuisibles du foyer et du faisceau tubulaire.

Lorsqu'on fait usage du tirage par insufflation directe, on doit [illegible] avoir soin de dériver une partie du vent pour aérer la chambre [illegible] chauffe où la température deviendrait insupportable sans cette [illegible]ation.

[illegible] qu'il en soit, le tirage en vase clos reste à peu près obli-[illegible] pour les bâtiments comprenant un grand nombre de corps

de chaudières. Avec tout autre système, les conduits de vent seraient trop nombreux et trop compliqués. En outre, il serait à craindre que le tirage se répartisse moins également sur les différentes grilles.

Nous envisagerons le tirage forcé dans les deux genres d'applications dont il est susceptible : *Augmentation de l'intensité de la combustion ; amélioration de cette dernière et production économique de la vapeur.*

Le tirage forcé considéré au point de vue de l'augmentation de puissance.

Le tirage forcé permet, grâce à une intensité plus grande de la combustion, d'obtenir une puissance donnée d'une grille plus petite, et, si l'on ne s'attache pas à l'économie de combustible, d'une chaudière réduite dans la même proportion.

Intensité de la combustion. — A bord des paquebots ayant de hautes cheminées et où la chauffe est bien conduite, on peut brûler au tirage naturel jusqu'à 90 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure. Pour les navires plus petits, il est bon de ne pas compter sur plus de 65 à 70 *kg*.

Avec le tirage artificiel, on peut augmenter ces chiffres dans une proportion considérable. A notre connaissance, la combustion la plus active que l'on ait réalisée dans un foyer de chaudière à vapeur a été obtenue sur les torpilleurs *Thornycroft*, où l'on a brûlé jusqu'à 550 *kg* de charbon par heure et par mètre carré de grille. Dans les torpilleurs de construction plus récente, on a calculé plus largement les grilles, de manière à ne pas dépasser une combustion de 400 *kg* par mètre carré de grille, ce qui entraîne déjà une grande fatigue des chaudières (1).

Un semblable tirage ne convient pas également à tous les combustibles. Un charbon léger sur la grille ne supporte pas une pression de vent considérable. Les tubes sont vite bouchés par les particules de charbon emportées par la violence du tirage. Il en résulte une diminution de rendement due à la notable quantité de combustible que l'on perd ainsi, et une réduction rapide de la production totale provenant de l'obstruction des tubes.

(1) Les locomotives express, consommant des charbons de bonne qualité en couches épaisses, brûlent souvent au delà de 400 *kg* par heure et par mètre carré de grille. Ainsi une machine qui dépenserait 10 *kg* par kilomètre et qui posséderait une surface de grille de 2 m^2, brûlerait, à la vitesse de 80 *km*, 400 *kg* par mètre carré de grille et par heure.

. . .tre, au charbon qui n'est pas très pur amène, avec le . . . forcé, un rapide encrassement des grilles, puisque, dans le . . temps, on brule des quantités doubles et jusqu'à quin- . par unité de surface de grille.

. fa . contribuent à expliquer pourquoi les locomotives an- . . . qui brulent en général d'excellent charbon, peuvent sup- . . . . tirage des plus violents et fournir, avec une chaudière et . . . généralement plus petits, une puissance égale à celle des . . . . du continent, plus lourdes et comportant des chau- . . . . volumineuses, mais alimentées avec un combustible . . .

. . pareille intensité de combustion n'est jamais réalisée qu'au . . de chaudières locomotives, lesquelles conviennent mieux . . autre à ce genre d'application. Avec les chaudières . . . ordinaires à retour de flamme ou à tubes directs, on ne . . . guère 250 *kg* par mètre carré de grille. Nous verrons . . . à quelle en est la raison.

Pression d'air et sa relation avec l'activité de la combustion — Il . . . une relation évidente entre la pression du vent et la quan- . . . charbon brulée par unité de surface de grille bien qu'on . . . encore la mettre en formule. Tant que la combustion ne . . . pas 200 *kg* par mètre carré, on peut considérer que les . . . . d'air sont sensiblement entre elles comme les carrés des . . . correspondants de charbon à bruler par unité de surface.

. . . pression dépend du reste de causes d'un ordre pratique, ... amment de l'activité du foyer : installation des venti- . . . et des grilles, forme du foyer, diamètre des tubes, nature . . . combustible, propreté du feu, etc.

. . . fixer les idées, nous donnons quelques tableaux contenant . . . . ltats d'essais de différents bâtiments et torpilleurs. On y . . . marquera que la pression d'air ne dépasse dans aucun cas 160 *mm* . . . . . . d'eau ; ordinairement on compte, pour les torpilleurs, ... maximum, sur un tirage de 70 *mm* ; pour les navires de . . . . grands, on ne dépasse guère 20 à 30 *mm*, ce qui cor- . . . . à une combustion de 110 à 250 *kg* par mètre carré de grille . . . par . . .

Rendement des chaudières fonctionnant à tirage artificiel. — Conditions qui peuvent tendre à l'améliorer.

Nous considérerons surtout, dans ce paragraphe, les chaudières

du genre locomotive, bien que les règles soient à peu près applicables à tous les générateurs tubulaires. Notre choix est motivé par ce fait que les combustions les plus intenses ont été réalisées avec des chaudières locomotives, ce qui permet de pousser plus loin l'étude de la vaporisation.

D'une manière générale, le rendement décroît à mesure que l'intensité de la combustion augmente, mais seulement à partir d'un certain degré, assez vite atteint, du reste, et surtout si on ne complète pas l'application du tirage forcé par certaines dispositions ayant pour but d'améliorer la combustion. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet intéressant.

On voit d'après les tableaux suivants, donnant les résultats d'essais effectués avec des chaudières de torpilleurs, que, la vitesse de combustion étant doublée, le rendement de la chaudière passe, dans un cas, de 0,525 à 0,444 et que, dans l'autre cas, la vaporisation par kilogramme de charbon passe de 7,06 *kg* à 5,97 *kg*.

Résultats d'esais effectués sur des chaudières de torpilleurs.

TABLEAU N° 1.

NUMÉROS DES ESSAIS	1	2	3	4
Surface de chauffe S	57,40 m^2	57,40 m^2	57,40 m^2	57,40 m^2
Surface de grille *s*	1,755 m^2	1,755 m^2	1,755 m^2	1,755 m^2
Rapport $\frac{S}{s}$	32,7	32,7	32,7	32,7
Poids de charbon brûlé par mètre carré de grille et par heure. . .	468 *kg*	385 *kg*	306 *kg*	228 *kg*
Vaporisation d'un kilogramme de charbon	7,15 *k*	7,60 *k*	7,90 *k*	8,49 *k*
Température à la cheminée.	776°c.	676°c	638°c	572°c
Pression d'air en millimètres d'eau.	152	102	76	50,8
Rendement de la chaudière	0,444	0,472	0,490	0,525
Épaisseur de la couche de combustible. AV. . . .	0,140 *m*	0,101 *m*	0,140 *m*	0,089 *m*
Épaisseur de la couche de combustible. AR. . . .	0,355 *m*	0,279 *m*	0,255 *m*	0,229 *m*
Rapport du poids de l'air comburant au poids du charbon brûlé. . . .	22,5	24,5	25	25,5
Durée de l'essai.	1h 27'	1h 39'	2h 7'	2h

TABLEAU N° 2.

Numéros des essais	1	2	3	4
[illegible] de vent au ventilateur en [illegible] mètres d'eau	13,3	83	58	38
[illegible] de vent au foyer	110	76	48	34
Charbon brûlé par mètre carré de [illegible]	470 kg	387 kg	305 kg	283 kg
Température de l'eau d'alimentation	13°5	12°5	16°	12°
Vaporisation par heure et par mètre carré de surface de chauffe	81,7 kg	73,5 k	61,5 kg	51,5 kg
Vaporisation par kilogr. de charbon	5,97	6,3	6,60	7,06

[illegible] ces résultats sont-ils obtenus entre des limites pratiques, [illegible] que dès la vaporisation augmenterait fort peu pour une [illegible] considérable de la dépense de charbon. On peut [illegible] la production d'une chaudière ne puisse dépasser [illegible] chiffre, quelle que soit l'intensité de la combustion.

[illegible] pas, même pour les appareils des navires à grande [illegible] sacrifier complètement le rendement pour obtenir le [illegible] de vaporisation dont une chaudière est susceptible ; la [illegible] de poids subie par le générateur serait large[illegible] compensée par l'excédent de combustible à emporter, même [illegible] faible parcours.

[illegible] chaudière se prête d'autant mieux à l'application du tirage [illegible] elle présente une plus grande proportion de surface de [illegible] de réserve. Nous appellerons ainsi la surface de chauffe [illegible] la plus éloignée du foyer et dont la vaporisation, à l'al[illegible] normale, diffère le plus de celle des tubes, à leur origine près [illegible] cette différence dépend de la longueur et du diamètre [illegible]

[illegible] le rendement d'une chaudière augmente avec la [illegible] des tubes, mais très lentement au delà d'un certain point, [illegible] tout le monde le sait. Il convient donc, pour ne pas accroître [illegible] le poids des chaudières, de déterminer la longueur des [illegible] fonction de la quantité de charbon à brûler par mètre [illegible] grille. Plus grande sera l'intensité de la combustion et plus [illegible] devra être le parcours des gaz, sans quoi, les produits de la [illegible] sortiraient à une trop haute température et entraî[illegible] en pure perte un grand nombre de calories. Il est toute-

fois évident que le diamètre des tubes a une influence considérable sur le refroidissement des gaz et sur leur utilisation. Le contact entre les gaz et les parois se fait d'autant mieux que le diamètre des tubes est plus faible; en outre, la conductibilité se fait mieux, l'épaisseur du tube pouvant être moindre pour une même pression. On aurait donc tout avantage à donner aux tubes le plus petit diamètre possible si les conditions pratiques n'intervenaient pas. Les tubes trop petits sont plus vite bouchés par les escarbilles ou les nids d'hirondelles. Le diamètre des tubes devra être d'autant plus grand que la chaudière est destinée à fonctionner sans interruption pendant un temps plus long. C'est pour cette raison que la chaudière locomotive a pu être appliquée aux torpilleurs, dont la marche à outrance est rarement prolongée plus de trois ou quatre heures. Dans certains cas spéciaux, on a pu appliquer, à de très petites chaudières de canots, des tubes n'ayant pas plus de 25 *mm* de diamètre extérieur, avec une longueur de 50 à 60 *cm*, mais on ne peut songer à les adopter pour des chaudières ayant plus de 3 à 4 m^2 de surface de chauffe. En ce qui concerne les chaudières de torpilleurs du type locomotive, le diamètre le plus convenable pour les tubes, celui qui paraît le mieux satisfaire aux différents desiderata, est compris entre 36 et 40 *mm* intérieurement, pour une longueur de 3 *m* à 3,30 *m*. Dès que l'on veut appliquer le tirage artificiel à des bâtiments tels que les croiseurs où l'allure forcée doit être soutenue plus longtemps, on augmente le diamètre des tubes jusqu'à 60 *mm* environ, mais on abandonne la chaudière locomotive pour adopter le type dit de l'*Amirauté*, qui se prête mieux à ce diamètre de tubes et présente divers avantages. Disons aussi que, dans ce cas, l'intensité du tirage est presque diminuée de moitié.

Appelons : *longueur relative* des tubes, le quotient de leur longueur par leur diamètre. On peut poser *à priori* que des tubes de même longueur relative sont équivalents, au point de vue de la transmission du calorique.

L'expérience paraît démontrer qu'il faut donner aux tubes des chaudières de torpilleurs, ayant un diamètre de 40 *mm*, une longueur de 1 *m* par chaque centaine de kilogrammes de charbon brûlé par heure et par mètre carré de grille, sans descendre jamais au-dessous de 2 *m*, cette longueur minimum étant nécessaire lorsque l'allure de la combustion est réduite. Cela revient à dire, par exemple, qu'une chaudière locomotive destinée à brûler 200 *kg* par heure et par mètre carré de grille devra posséder des tubes

[illegible] de longueur; pour brûler 300 *kg.* ils auront 3 *m.* [illegible] brûler 400, 4 *m.* Le rendement sera très sensiblement [illegible] dans ces différents cas; il s'accroîtrait évidemment un peu [illegible] allongeait les tubes davantage, mais, dans ces chaudières pour [illegible] on recherche avant tout la légèreté, il faut limiter la [illegible] du faisceau tubulaire à ce qui est strictement nécessaire [illegible] maintenir le rendement dans des limites raisonnables.

[illegible] gagner du poids, les constructeurs de torpilleurs limitent [illegible] 1,20 m au plus la longueur des tubes pour une combustion [illegible] kg environ aux essais. Il est probable que l'on aurait [illegible] à adopter des tubes de 4 *m,* même sous le rapport du [illegible] par kilogramme de vapeur produit.

[illegible] que nous sommes sur ce sujet, nous rappellerons que [illegible] des chaudières multitubulaires conviennent moins bien [illegible] type locomotive à l'adoption du tirage forcé, sous le rapport [illegible], à moins de présenter un poids total sensiblement [illegible] grand, car elles disposent d'une faible surface de chauffe de [illegible] et parce que le parcours des gaz y est trop direct. Nous en [illegible] plus particulièrement la chaudière Thornycroft, qui a [illegible] en vue de l'application spéciale du tirage forcé à [illegible].

[illegible] en passant que, les torpilleurs exceptés, il existe, entre [illegible] et la chaudière marine, cette différence que le fonctionnement de la première a normalement lieu à tirage forcé, lequel [illegible] applique à la seconde qu'à intervalles souvent espacés et [illegible] obtenir un accroissement momentané de puissance.

Diminution de poids résultant de l'usage du tirage artificiel.

[illegible] du poids des machines présente toujours un grand [illegible] en navigation, mais elle acquiert surtout une importance [illegible] pour les bâtiments à grande vitesse et particulièrement [illegible] et les torpilleurs. La réalisation de certains types de [illegible] très rapides est même absolument dépendante du poids de [illegible] que les progrès de la mécanique permettent de ne pas [illegible] pour réaliser une puissance déterminée. La réduction [illegible] du poids a porté sur tous les éléments de la machine et a [illegible] d'un ensemble de perfectionnements : augmentation du [illegible] de tours, meilleure proportion des différents organes,

allégement des bâtis, enfin et surtout, application du tirage forcé. Cette dernière opération est la seule qui nous occupera ici.

Dans les chaudières tubulaires à retour de flamme, les plus usitées en marine, on compte en moyenne sur 0,30 m^2 de surface de chauffe par cheval indiqué. L'application du tirage forcé modéré à ces chaudières permet d'accroître des deux tiers la vaporisation, sans augmentation de poids. Ce genre de chaudière ne se prête pas à un tirage très énergique à cause du grand diamètre des tubes et de leur longueur insuffisante.

Les chaudières à tubes directs et à foyers cylindriques, types de l'Amirauté, mieux appropriées au tirage forcé, peuvent brûler de 200 à 270 *kg* par heure et par mètre carré de grille.

La chaudière locomotive enfin, appliquée aux torpilleurs et à certains petits croiseurs, où l'on brûle jusqu'à 500 *kg* par mètre carré de grille, peut vaporiser 85 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et par heure, ce qui, avec une machine moyennement économique, permet d'obtenir 10 chevaux par mètre carré de surface de chauffe. Ceci est bien entendu une limite; on ne doit pas calculer ces chaudières à moins de 0,14 m^2 de surface de chauffe par cheval indiqué, chiffres d'essai, ce qui correspond à 50 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Dans ces conditions, le poids de la chaudière ressort à 14 *kg* environ par cheval, accessoires compris, mais sans l'eau. Ajoutons, pour mémoire seulement, que le poids des appareils de torpilleurs : machine, tuyautage, ligne d'arbres, propulseur, chaudière, eau de la machine et de la chaudière, parquets et accessoires, rechanges, etc., ne s'élève pas à plus de 30 à 40 *kg* par cheval indiqué, suivant les cas. La locomotive qui pourtant n'est pas à condensation, est beaucoup plus lourde. Soit, en effet, une locomotive express pesant 48 *t*.; on peut admettre qu'une telle machine est capable de développer 800 chevaux à toute vitesse. On peut admettre que le poids des essieux montés correspond sensiblement à celui de la ligne d'arbres et du propulseur. Une telle locomotive pèsera 60 *kg* par cheval indiqué, soit presque le double de certaines machines de torpilleurs.

Nous allons voir maintenant au prix de quels inconvénients, en ce qui concerne seulement la chaudière, ces résultats remarquables sont obtenus.

Dispositions ayant pour but de réaliser en pratique les principales applications du tirage forcé. — Nous ne dirons qu'un mot du tirage forcé par aspiration qui n'est plus guère employé à la mer. Quand

... est appliqué, on dispose, à la base de la cheminée, un ... aire percé de trous, dans lequel on envoie de la vapeur ... des chaudières. C'est en somme, en grand, la disposi... pour le souffleur des locomotives. Ce mode de tirage ... grande perte d'eau douce, ce qui est un inconvénient ... Pour y remédier, on a proposé d'installer des pompes, ... des petites machines à condensation, et refoulant de l'air ... tuyau annulaire. On réalise ainsi une économie d'eau ... le rendement déjà mauvais du jet est encore dimi... de la pompe.

Tirage en vase clos. — C'est de beaucoup le plus employé, il est ... général à bord des navires de guerre.

... lorsqu'il s'agit du tirage par insufflation dans les cen... l'air nécessaire à la combustion est toujours produit par ... lateurs de construction très simple, mus directement par ... machines auxiliaires à grande vitesse. Comme on ne peut, à ... d'un navire, donner un grand diamètre à ces ventilateurs, ... amené à les animer d'une très grande vitesse de rotation ; ... des torpilleurs, ces appareils tournent souvent à plus de ... tours à la minute. Malgré ces vitesses considérables, on se ... presque toujours, pour actionner ces ventilateurs, de ma... monocylindres du type ordinaire. La seule précaution que ... consiste à donner à toutes les portées une surface ... afin de diminuer les chances de grippement ou ... ment. Néanmoins, on ne peut se dispenser d'un grais... abondant et d'un arrosage continu des articulations et ... Quoi qu'il en soit, on ne peut que s'étonner de voir ... machines soutenir, souvent pendant des heures, une ... continue de 1200 tours, sans la moindre avarie. Dans la ... commerce où pourtant les pressions de vent à obtenir, ... conséquent les vitesses, sont moindres, on paraît préférer ... quelques années les machines spéciales genre Brotherhood ... Westinghouse, qui demandent moins de surveillance.

... ventilateurs sont disposés verticalement ou horizontalement. ... souvent, ils tournent librement dans la chaufferie où ils ... l'air. Afin de soustraire les organes des machines ... particules de charbon et à la poussière, on sépare le ... de son moteur qui est alors placé dans la chambre des ... sous les yeux des mécaniciens de quart. D'autres fois, ... les ventilateurs sur le pont qui recouvre les chaudières,

et le vent est dirigé dans les chaufferies à l'aide de manches. Cette disposition n'est applicable, cela va sans dire, qu'aux bâtiments d'une certaine dimension. Quand elle est adoptée, il convient, afin d'égaliser la pression du vent dans les chaufferies, d'y faire pénétrer ce dernier par un grand nombre d'orifices répartis sur les parois de la chambre de chauffe, et placés à leur partie supérieure.

L'aspiration se fait au moyen de manches à vent aboutissant sur le pont et pouvant également servir pour le tirage naturel.

Les ventilateurs employés à cet usage sont tous à aubes courbes et à joues mobiles.

Le tirage en vase clos entraîne la nécessité de ménager des fermetures hermétiques aux différentes issues des chaufferies, ce qui complique le service. Les portes, en tôle, ainsi que les capots de descente sont garnis de bandes de caoutchouc à leur portage sur le cadre. La fermeture est effectuée au moyen d'un verrou unique pour chaque porte. Les panneaux des capots sont munis d'un ressort énergique qui tend à les ouvrir aussitôt que le verrou est déclenché ; on évite ainsi aux hommes l'effort nécessaire pour les soulever, ce qui permet une sortie plus rapide de la chaufferie, en cas d'accident.

Le tirage forcé en chambre close n'entraîne par lui-même aucune disposition spéciale pour les chaudières ou les foyers. Notons seulement que, dans les chaudières de torpilleurs, on ménage généralement une rentrée d'air à l'avant du foyer, au moyen de conduits, réservés dans l'autel, et qui mettent en communication l'intérieur de la boîte à feu avec le cendrier. Rappelons encore que les portes du cendrier ne s'ouvrent que du dehors au dedans et sont disposées pour se fermer automatiquement dès qu'une fuite de vapeur se produisant dans le foyer, tend à refouler les gaz et la flamme dans la chaufferie.

Tirage par insufflation dans les cendriers. — Ce mode de tirage est surtout appliqué à bord des embarcations à grande vitesse répandues aujourd'hui dans la marine militaire et, exceptionnellement, sur des torpilleurs.

Les ventilateurs peuvent être placés en un point quelconque de la chambre des machines, ils refoulent dans un conduit qui amène le vent sous le cendrier et qui passe sous le parquet de chauffe. Naturellement, le cendrier n'a de communication avec la chaufferie que par une porte, ordinairement fermée, laquelle ne

... pour la marche éventuelle à tirage naturel ou pour l'en-
...nt des escarbilles. La chaufferie reste ouverte à l'air libre
... y a accès par des capots ordinaires.

... système présente deux inconvénients sérieux. La chaufferie
...st plus suffisamment ventilée, la température s'y élève con-
...ablement. La pression étant plus grande à l'intérieur qu'à
...eur du foyer, les produits de la combustion ont une ten-
...e à s'échapper autour de la porte du foyer et, pendant les
...ments, par l'ouverture entièrement ouverte de cette der-
...re qui rend la chambre de chauffe inhabitable si elle n'est
...ment à l'air libre comme dans les embarcations.

...médie au premier de ces inconvénients en dérivant une
...e du vent de la conduite que l'on consacre uniquement à la
...ation de la chambre, ou mieux, comme M. Schichau, d'El-
..., en effectuant l'aspiration du ventilateur à travers la chauffe-
... même qui communique avec l'air extérieur par une
... à vent. La totalité de l'air débité par le ventilateur passe
... dans la chaufferie qui se trouve plus efficacement ventilée.

...ste divers dispositifs ayant pour but de parer au refoule-
... des gaz dans la chaufferie. Nous allons en examiner som-
...ment quelques-uns.

... peut rendre étanche le joint de la porte sur son cadre en la
...ssant, à son pourtour, d'une garniture en toile d'amiante pé-
...ant dans une gorge, ou bien à l'aide d'un courant d'air annu-
... émanant du ventilateur, disposé autour de la porte et dirigé
... l'intérieur du foyer.

...r empêcher le refoulement des flammes au dehors, lorsque
...te du foyer est ouverte, on est contraint d'arrêter le vent
...dant cette période. Comme on ne peut songer à stopper le ven-
...ur, il faut momentanément fermer le conduit de vent au
... d'un clapet. Afin de rendre cette manœuvre rapide et auto-
..., M. Schichau, le constructeur de torpilleurs qui ait le
...ement employé le tirage par insufflation directe sous les
...ers, a adopté un dispositif ingénieux au moyen duquel le
...r, par le moyen d'un seul levier, ferme le conduit de vent
... aussitôt après la porte du foyer et inversement. Le meil-
... dispositif est certainement le suivant. La porte du foyer est
...verte d'une enveloppe en tôle munie également d'une porte
... correspond, laquelle enveloppe est en communication avec
...duit de vent. Cette enveloppe protège les chauffeurs du
...ment et empêche la projection des flammes au pourtour

de la porte. Au moment du chargement, quand les deux portes sont ouvertes, le conduit de vent se trouve en communication avec l'air extérieur; la pression dans le cendrier ne dépassant plus celle de l'atmosphère, la flamme et les gaz ne sont plus refoulés.

L'inconvénient du mode de tirage que nous examinons est évident. Les charges, en raison de l'activité du foyer, étant répétées à de courts intervalles, et entraînant, pendant leur durée, l'arrêt du vent, il en résulte que la durée pendant laquelle le tirage est forcé se trouve réduite d'environ un tiers, ce qui diminue d'autant l'intensité moyenne de la combustion. Ainsi, au lieu de 300 *kg* de charbon, on ne pourra plus brûler que 200 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure. Toutefois, ce système peut prétendre à un avantage digne d'attention, consistant dans une meilleure conservation du foyer, car il ne s'introduit plus par la porte, au moment du chargement, une trombe d'air froid qui amène une contraction des parois et des fuites aux tubes.

Le tirage forcé considéré au point de vue de l'économie de combustible.

Nous allons maintenant envisager le tirage artificiel à un autre point de vue, et rechercher dans quelle mesure il peut entraîner une diminution de la consommation de combustible. Nous irons cette fois chercher nos exemples dans la marine marchande.

Le tirage artificiel, lorsqu'il est modéré, peut devenir d'un emploi économique, parce qu'il augmente la température du foyer et permet une application plus complète des lois de la combustion. Il va sans dire que la proportion entre les surfaces de grille et de chauffe doit se trouver plus grande qu'avec le tirage naturel, sans quoi on perdrait le bénéfice sur lequel on est en droit de compter.

Le tirage forcé a pour complément indispensable l'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus des grilles; c'est sur ce point intéressant que nous allons surtout insister.

La température de la combustion peut être réduite par quatre causes :

1° Insuffisance d'air;

2° Excès d'air;

3° Mélange imparfait des gaz avec l'air;

4° Combinaison à un degré quelconque de ces causes.

Une partie de l'air comburant est destinée à se combiner avec le carbone, une autre avec les hydrocarbures, ces deux quantités

est environ dans le rapport de 2,36 à 1. Or, il paraît au premier abord plus logique d'admettre directement, dans le foyer, au-dessus de la grille, l'air nécessaire à la combustion des gaz.

Si le chargement du foyer était opéré d'une manière continue et uniforme, l'introduction de l'air par la porte pourrait l'être aussi. Tel n'est pas le cas en pratique. Aussitôt après une charge, il se produit une forte émission de gaz, laquelle diminue au fur et à mesure que le charbon se transforme en coke. Au début, il faut introduire dans le foyer le maximum d'air, soit un tiers du volume total, tandis qu'à la fin, la seule quantité nécessaire est celle qui est indispensable à la combustion de l'oxyde de carbone provenant de la réduction pendant le passage de l'acide carbonique à travers le combustible incandescent. Or, on ne peut réaliser ces conditions pratiquement. Il est difficile de construire des appareils automatiques ni de se fier à la main du chauffeur. Il vaut mieux envoyer au-dessus de la grille une quantité d'air moyenne, choisie de telle sorte qu'il n'y en ait pas un trop grand excès quand la distillation du combustible touche à sa fin. Immédiatement après une charge, la température du foyer s'abaisse, tant à cause du rayonnement qui se trouve momentanément interrompu qu'en raison de l'absorption de chaleur due au changement moléculaire qui s'opère au sein du combustible. Si l'on n'introduit pas à ce moment de l'air dans le foyer, on perd la chaleur virtuelle que possèdent les gaz, laquelle ne peut être récupérée que par la combustion des hydrocarbures et de l'oxyde de carbone qui peuvent s'y trouver mélangés.

L'oxyde de carbone étant incolore, on ne peut se rendre compte de l'imperfection de la combustion que si ce gaz sort assez chaud pour se rallumer au sommet de la cheminée en venant en contact de l'air. On distinguera ce gaz des hydrocarbures par la couleur de la flamme qui est bleue, celle des hydrogènes carbonés étant claire.

La fumée proprement dite est en grande partie constituée par du carbone libre dû surtout à la décomposition des hydrocarbures pendant leur passage à travers le combustible en ignition. Ce carbone ne saurait être brûlé qu'autant qu'on le met en présence d'un excès d'air avant qu'il ait perdu la température à laquelle il peut encore se combiner.

Il faut éviter d'envoyer un trop grand excès d'air qui, en baissant la température du foyer empêcherait les hydrocarbures de s'enflammer. Il s'ensuivrait pour le foyer une fumivorité apparente

qui serait désastreuse au point de vue de l'utilisation du combustible, sans compter que l'excès d'air et les gaz refroidis par lui, passant à travers les tubes, en abaisseront notablement la température. Il vaut mieux admettre la présence d'une légère fumée que d'envoyer un excès d'air. Ces principes sommaires sont d'ailleurs connus de tous, et nous ne les avons rappelés que pour n'omettre aucun argument.

L'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus de la grille est d'autant plus nécessaire que le combustible est brûlé en couches plus épaisses. Si on augmente le tirage sans prendre cette précaution, on accroît seulement l'activité de la combustion aux dépens du rendement. C'est là le vice principal du tirage forcé qui n'est pas complété par une rentrée d'air dans le foyer. D'autre part, il est difficile de concilier un tirage très énergique avec la charge en couche mince, pour diverses raisons, et en particulier à cause des trous qui se produisent forcément dans le combustible.

On reconnaît qu'il y a manque ou excès d'air dans le foyer quand la flamme est longue, jaune et fumeuse. Si au contraire la combustion se fait dans des conditions favorables, la surface du combustible est incandescente et la flamme courte et claire. Ce fait est d'autant plus facile à observer que le combustible se rapproche davantage des charbons de Cardiff ou de la briquette d'Anzin, dite améliorée, aujourd'hui d'un emploi courant pour le chauffage des torpilleurs.

L'air peut être admis au-dessus du combustible de différentes manières, par des ouvertures percées soit dans la porte, soit dans l'autel. Nous rappellerons à ce sujet la disposition, classique aujourd'hui en Angleterre pour les foyers de locomotives, et que l'on pourrait, ce nous semble, adapter dans bien des cas aux chaudières de torpilleur qui fonctionnent également en couches épaisses de bon charbon. (Anzin amélioré ou Nixon.)

A une certaine distance au-dessus de la grille, se trouve une voûte en briques réfractaires, inclinée de l'arrière à l'avant, et qui vient s'appliquer sur la plaque tubulaire un peu au-dessous de la rangée de tubes inférieurs. Cette voûte ne laisse au gaz qu'un passage vers l'arrière, du côté de la porte, égal au plus à la moitié de la section droite du foyer. La porte de chargement se trouve précisément située en face du point où la flamme est incurvée par la voûte; elle est percée de trous nombreux dont un registre à grille permet de varier la section. L'air s'introduit donc dans le foyer à une notable distance au-dessus de la grille; un auvent en tôle

[illegible] plate dirige cet air vers le bas et l'empêche de filer [illegible] à travers les tubes. La voûte en briques, dont on ne [illegible] recommander l'emploi pour les foyers du genre loco- [illegible] en couches épaisses, a une action multiple. Elle [illegible] d'abord à brasser les gaz et à les mélanger complète- [illegible] l'air introduit par la porte. Elle réfléchit la chaleur [illegible] combustible en ignition sur les gaz de la combus- [illegible] chauffe aussi à son contact, en raison de sa haute [illegible]. En maintenant la température du foyer à un degré [illegible] brûler l'oxyde de carbone et les hydrocarbures avec [illegible] d'air minimum, elle contribue à rendre la marche éco- [illegible] considérablement la fumée. En outre, elle [illegible] plaque tubulaire qui n'est plus soumise directement au [illegible] du combustible.

[illegible] est d'autant plus nécessaire que la combustion est [illegible] la vitesse des gaz est plus grande. Il permet, en ren- [illegible] le mélange avec l'air, d'opérer la combustion [illegible] volume d'air, ce qui accroît le rendement.

[illegible] part des chaudières de torpilleurs, l'arche en brique [illegible] par un autel en terre réfractaire qui a pour but d'é- [illegible] de la plaque tubulaire, les foyers de ces généra- [illegible] moins profonds que ceux des locomotives, [illegible] de la grille se trouvant à peine au-dessous de la [illegible] inférieurs. Quelquefois cet autel, dont la hauteur [illegible] à l'épaisseur maximum de la couche de combus- [illegible] longitudinalement d'ouvertures communiquant [illegible] et qui déversent de l'air au milieu des gaz de la [illegible] avant qu'ils pénètrent dans le faisceau tu- [illegible] n'arrive pas complètement froid dans le foyer, ce [illegible] favorable à son action, car il s'est échauffé [illegible] dans le cendrier et surtout à travers l'autel.

[illegible] que l'on peut réaliser avec le tirage forcé [illegible] application de ce principe combiné d'ailleurs à [illegible] fonctionnements. De la réduction des surfaces de [illegible] résulte [illegible] dimension et du poids des chaudières [illegible] qu'elles contiennent, [illegible] l'exposant de charge et une diminution du poids [illegible] dernier n'étant que [illegible] des installations [illegible] nous donnons les résultats d'essais effectués en Angle- [illegible] chaudières de quatre bâtiments munis des mêmes [illegible]

machines à triple expansion de 1 000 *chx* indiqués fonctionnant à 10,54 *kg*. Le premier de ces bâtiments fonctionne à tirage naturel. Le tirage forcé a été appliqué aux trois autres; dans le second on a conservé les mêmes chaudières, seule, la surface de grille a été réduite, dans une proportion convenable; dans le troisième, on a diminué le poids des chaudières et de l'eau, mais la surface de chauffe est restée la même, grâce à une réduction du diamètre et à un accroissement du nombre des tubes; enfin, dans le quatrième, la surface de chauffe a été diminuée, et on a adopté un dispositif permettant le réchauffage de l'air comburant, avant son entrée dans le foyer, au moyen des gaz perdus.

TABLEAU N° 3.

NUMÉROS DES BATIMENTS	1	2	3	4
Timbre	10,54 *kg*	10,54 *kg*	10,54 *kg*	10,54 *kg*
Diamètre des chaudières	3,96 *m*	3,96 *m*	3,35 *m*	3,35 *m*
Longueur	3,20 *m*	3,20 *m*	3,20 *m*	3,05 *m*
Nombre des foyers	6	6	4	4
Diamètre moyen des foyers	0,914 *m*	0,914 *m*	0,863 *m*	0,863 *m*
Longueur des grilles	1,676 *m*	0,762 *m*	1,220 *m*	1,206 *m*
Nombre des tubes	384	384	540	332
Diamètre des tubes	95 *mm*	95 *mm*	70 *mm*	70 *mm*
Longueur des tubes	2,286 *m*	2,286 *m*	2,286 *m*	2,134 *m*
Surface de chauffe totale	321,43 m^2	321,43 m^2	315,86 m^2	188,40 m^2
Surface de grille	9,29 m^2	4,226 m^2	4,226 m^2	4,18 m^2
Poids des chaudières vides	62 *t*	62 *t*	53,6 *t*	41,5 *t*
Surface de chauffe par cheval indiqué	0,3214 m^2	0,3214 m^2	0,3159 m^2	0,1888 m^2
Charbon brûlé par mètre carré de grille	78 *kg*	156 *kg*	156 *kg*	156 *kg*
Charbon brûlé par cheval-heure	0,726 *kg*	0,661 *kg*	0,661 *kg*	0,635 *kg*
Températures des gaz dans la cheminée en degrés centigrades	263	211	241	318

Aux avantages énumérés plus haut s'ajoute celui de pouvoir brûler, grâce au tirage artificiel, un combustible de qualité inférieure et de plus bas prix, considération qu'aucun armateur ne saurait dédaigner. En outre, et c'est là un avantage considérable pour les bâtiments destinés à naviguer dans les pays chauds, la chauffe devient indépendante des conditions atmosphériques, quelles que soient la direction du vent, la température de l'air extérieur, il sera toujours possible de maintenir au degré voulu la production de vapeur.

Le poids d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de charbon est ordinairement de 20 à 24 *kg* dans les chaudières marines à tirage naturel. Il semble démontré que le tirage artificiel n'entraîne une économie réelle qu'autant que le poids d'air correspondant à la combustion d'un kilogramme de charbon ne dépasse pas 18 *kg*. Cette diminution du volume d'air est due surtout à la meilleure utilisation de l'air résultant de son mélange plus intime avec les gaz et de son introduction directe dans le foyer. Ajoutons que ce résultat n'est obtenu que grâce à une proportion constante entre l'épaisseur de la couche de combustible ou de la pression du vent et la quantité de charbon que l'on désire brûler par heure et par mètre carré de surface de grille.

L'application du tirage forcé aux appareils des navires marchands est souvent complétée par des dispositions ayant pour but d'accroître son efficacité et telles que le réchauffage de l'air par les gaz perdus dans la boîte à fumée : système Howden, etc.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ce sujet que nous avons développé dans un ouvrage déposé à la bibliothèque de la Société. Rappelons seulement que, dans son application aux navires du commerce, le tirage forcé ne saurait être, sauf de rares exceptions, comme pour quelques paquebots à très grande vitesse, réalisé en chambre close, système exigeant des dispositions très coûteuses et qui entraîne une grande complication du service et de la manœuvre, surtout pour l'enlèvement des escarbilles. Le tirage par insufflation dans les cendriers est à peu près alors le seul usité.

EXAMEN

DES

DÉFAUTS DU VERRE

ET

DES MOYENS DE LES RECONNAITRE

Conséquences auxquelles cette étude conduit relativement à la théorie de la constitution des verres.

PAR

M. Léon APPERT

Les défauts qui se produisent dans le verre au cours de sa fabrication résultent de causes très variées: aussi, comprend-on qu'ils soient de nature assez différente.

Ces défauts qui altèrent la qualité du verre en en diminuant la valeur peuvent par la composition des corps qui les constituent, par leur importance et par leur nombre, causer dans certaines circonstances, un trouble grave dans l'économie de toute une fabrication.

Malgré l'expérience que peuvent avoir acquise par une longue pratique les industriels chez lesquels ces accidents viennent à se produire, il leur est souvent difficile de se rendre compte d'une façon exacte de la nature et de la composition des corps qui constituent ces défauts et par suite des causes qui les ont engendrés; ils se trouvent par suite dans l'impossibilité d'y apporter rapidement un remède efficace.

Ayant été consulté souvent au sujet d'accidents de ce genre s'étant produits dans la fabrication des verres à vitres, des verres à bouteilles, des verres de gobeleterie, j'ai dû chercher les moyens

...traient de déterminer la nature des défauts qui en ... d'une façon certaine : c'est le résultat de ces ... et les moyens employés pour y arriver que j'ai l'intention de faire connaître dans cette note.

... défauts qui se produisent dans le verre au moment où il est ... et mis en œuvre, sont :

1° Les bouillons, les points, les crachats ;

2° Les pierres et les grains ou granulations.

... premiers qui proviennent d'un affinage incomplet de la ... après sa fusion, ou d'un manque de soin de la ... au moment du cueillage ou pendant le moulage, ... dans la masse du verre des corps ou poussières ..., sont faciles à reconnaître ; il suffit en effet le plus souvent d'une inspection attentive à l'œil nu ou au besoin avec la ... pour être fixé sur leur nature.

... seconds de composition très variable, tout en se ressemblant ... peuvent être causés ou par un mélange imparfait des ... premières ou par des agglomérations de parties du mélange vitrifiable ayant échappé à la fusion : ce sont les *infondus* ; ou ... portions des parois du creuset ou du bassin qui se sont ... pendant la fusion et pour lesquelles la température et ... le séjour dans le four n'ont pas été suffisantes pour en ... la combinaison : ce sont les *grains de pot ou de bassin*.

... portions de la voûte ou de la couronne du four peuvent ..., en se combinant avec la partie alcaline et vaporisable du ... vitrifiable donner lieu à la formation d'un verre de nature ... plus dur que le verre contenu dans le creuset et qui ... sans s'y dissoudre. On donne à ce genre de défauts ... de *larmes ou schlagues*.

... les grains ou granulations peuvent provenir du verre lui-même et être amenés par sa composition chimique en même temps ... par les conditions de température dans lesquelles il s'est ... aux diverses phases de sa fabrication.

... verres en effet, à une température inférieure à celle qui a ... nécessaire pour en opérer la fusion, cette température étant ... pendant un temps suffisant, peuvent être soumis à une ... qui se manifeste par la formation de composés ... qui en altèrent la pureté, la limpidité et la résistance. ... décomposition commence toujours par la formation de ... microscopiques qu'on ne découvre souvent que quand ... est terminé.

Dans tous les cas, la ténuité des grains dont il s'agit de déterminer la nature en rend la recherche très délicate : l'analyse chimique est en effet impuissante par suite de la difficulté qu'on éprouve à les séparer de la masse vitreuse qui les entoure ; quand ils sont nombreux, ces grains ou cristaux agglomérés les uns avec les autres semblent tellement prédominants dans une masse limitée de verre que l'analyse de cette portion cristalline paraît devoir en donner au moins approximativement la composition; mais, généralement, la matière vitreuse qui leur est intimement associée est tellement abondante que leur composition se trouve masquée par celle du verre qui leur sert de ciment.

Ils sont d'ailleurs trop petits pour être extraits par une opération mécanique ; leur poids spécifique est peu différent de celui du verre ambiant, ce qui exclut l'emploi des liqueurs denses telles que l'iodo-mercurate de potasse ou le tungsto-borate de baryum ou de calmium ou enfin de l'iodure de métylène, dont M. Fouqué, le savant professeur au Collège de France, a imaginé l'emploi et a été le premier à se servir pour l'étude des roches cristallisées.

Ils ne sont pas attirables à l'aimant et l'acide fluorhydrique les attaque en même temps que le verre lui-même. Bref, tous les moyens usités ordinairement dans l'étude des roches échouent pour la séparation des corps étrangers ou des cristaux incorporés dans les verres et le seul moyen d'investigation qui puisse être employé dans ce cas est le microscope.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont décrit dans leur ouvrage de *Minéralogie micrographique*, justement réputé et dont l'éloge n'est pas à faire, les méthodes et les moyens basés en grande partie sur l'emploi du microscope et appliqués à l'étude des principaux minéraux et roches éruptives de la France ; ce sont ces procédés que j'ai cherché à utiliser.

L'examen des matières à étudier se fait sur des lames minces d'une épaisseur de $\frac{3}{100}$ de millimètres taillées dans la masse vitreuse qui les englobe ; ces lames minces sont collées au moyen de baume de Canada sur une lame de verre et posées sur le porte-objet du microscope.

Ce mode d'examen, employé pour la première fois par M. Sorby, minéralogiste anglais, et successivement par M. Zirkel, de Heildelberg, et par M. Rosenbach, de Leipzig, a été perfectionné encore par MM. Fouqué et Michel Lévy.

r déterminer la nature des cristaux on emploie plusieurs s d'investigation venant se compléter les uns les autres.

à la perfection des appareils dont on dispose, on peut faci-t et rapidement les examiner en lumière naturelle, puis en polarisée entre deux nicols en spath d'Islande croisés, rayons de lumière étant parallèles.

termination des axes optiques est complétée par celle des d'extinction des cristaux, en les observant en lumière pola- et en rayons convergents successivement dans des prépara- taillées en coupe longitudinale et en coupe transversale.

que a bien voulu m'aider dans cette étude nouvelle pour et je suis heureux de pouvoir ici l'en remercier et lui en ma gratitude.

examen auquel nous nous sommes livrés, il résulte que le que l'on rencontre le plus fréquemment est le quartz; c'est cristallisé dont la détermination se fait facilement; on très aisément qu'on a affaire à un minéral, à un axe posi- en outre, la biréfringence peut être mesurée avec facilité.

rencontre dans les parties infondues et provient, comme je plus haut, d'un mélange imparfait des matières vitrifiables sorte de liquation produite au moment de la fusion du dans un vaisseau chauffé à trop basse température.

il provient de la séparation d'un fragment du bassin voûte, il se trouve enrobé dans une matière amorphe, gri- sant fortement la lumière et se distinguant surtout au que en lumière réfléchie; cette matière n'est autre qu'un d'alumine deshydraté non dissous dans la masse vitreuse.

peut se faire, comme nous le verrons plus loin, que, si l'argile se dissoudre, il se forme un feldspath cristallisé analogue dont la nature nous offre des spécimens.

présence du quartz dans ces deux cas donne beaucoup de ce à ces défauts et c'est à la présence simultanée de la amorphe grisâtre provenant de l'argile et au développe- feldspath qu'il est possible d'en déterminer la cause.

la silice libre à l'état de quartz n'est pas un accompa-nt obligé de l'argile et on rencontre quelquefois des pierres ment que du silicate d'alumine deshydraté sur l'ori- quel il n'y a aucun doute à avoir.

se rencontre surtout dans les défauts sous forme de grains trouve dans le cristal ou le demi-cristal, le quartz des

être exclu des terres servant à faire les creusets dans lesquels on les fond; ceux-ci se perceraient rapidement en effet par suite de l'attaque qu'en ferait l'oxyde de plomb qui entre dans leur composition.

La présence du quartz à l'état de grains non dissous dans le verre amène d'une façon infaillible la félure d'abord et la rupture ultérieure de la pièce dans laquelle il est incorporé.

Quand il est allié à de l'argile ou quand l'argile est seule, la rupture de la pièce est moins certaine, le coefficient de dilatation de l'argile étant sensiblement le même que celui du verre.

Ce dernier défaut est celui qu'on rencontre le plus fréquemment dans les fours à bassins employés presque exclusivement pour la fabrication des verres à vitres et des bouteilles; il provient de l'attaque des parois à la hauteur de la flottaison.

Si ce sont des corps cristallisés auxquels on a affaire, leur composition chimique dépend essentiellement de celle du verre lui-même.

Quand le verre est uniquement sodique et calcique, c'est de la *wollastonite* qui se produit.

Quand le verre est magnésien et ferrugineux, c'est un pyroxène magnésien de la formule du diobside qui se forme.

Si le verre contient de l'alumine en même temps que de la potasse, de l'oxyde de fer et de la magnésie, c'est de la *mélilite* à la variété artificielle de laquelle on donne le nom de *Humboldtilite*.

Enfin dans certains cas particuliers plus rares, on voit se développer des cristaux de *feldspaths*, de la variété connue sous le nom d'oligoclase et de labrador.

Dans tous les cas, surtout en même temps que la humboldtilite, on voit se produire un minéral réfringent et très biréfringent en longues aiguilles prismatiques très étroites dont la détermination minéralogique n'a pu encore être faite rigoureusement.

Parmi les minéraux précités, la *wollastonite* est celui que l'on rencontre le plus communément dans les verres. C'est un bisilicate de chaux (CaO, SiO^2) appartenant à la famille des pyroxènes : elle cristallise dans le système monoclinique, les cristaux sont allongés parallèlement à l'orthodiagonale ; dans les verres, elle forme de longues aiguilles prismatiques très étroites qui ont quelquefois plusieurs centimètres de longueur, mais dont la largeur dépasse rarement 0,005 *m*, et l'épaisseur 0,001 *m* ; elle est incolore et transparente, cependant elle se distingue déjà en lumière na-

. ... à cause de sa réfringence voisine de 1,63 ... supérieure à celle du verre ambiant.

... observe en lumière polarisée parallèle entre les ..., on constate les faits suivants :

... longitudinales polarisent dans des teintes qui va- ... grisâtre au jaune pâle ; toutes s'éteignent rigoureu- ... le signe d'allongement n'est pas constant, la plu- ... sections présentent un allongement de signe positif, les ... sont en général les moins brillantes ont un allongement ...

... transversales sont courtes et très étroites, tout en ... encore légèrement allongées.

... croisés, elles se colorent de teintes vives d'un ... elles s'éteignent obliquement sous des angles dont ... ci-après la valeur.

... suffisent pour montrer que, comme la wallasto- ..., les cristaux en question appartiennent au système ... et que le plan des axes optiques est perpendiculaire ... d'allongement.

... maxima $N_g - N_p$ 0,014, valeur qui concorde ... celle que l'on observe dans la wollastonite des rochers. ... trouvées dans les sections longitudinales ... pour les sections à allongement positif égales à 0,004 ; ... légèrement de celles qui sont connues pour — N_p ... N_g — N_m dans la wollastonite naturelle, à cause de ... des axes d'élasticité par rapport aux normales aux faces ...

... en lumière convergente confirment ces don- ... en lumière parallèle : on s'assure, en effet, ... des axes optiques est parallèle aux sections transver- ... la bissectrice aiguë est assez rapprochée de la normale ... longitudinales dont l'allongement est de signe négatif ... obtuse peu éloignée de la normale aux sections ... dont l'allongement est de signe positif ; dans les ... on observe, d'ailleurs, des images symétriques par rap- ... d'allongement ; on constate en même temps que ... est négative et que l'écartement des axes est d'envi- ...

... chimique confirme encore la détermination de ... comme wollastonite.

..., après avoir découvert une préparation et l'avoir

nettoyée à la benzine, on la laisse séjourner vingt-quatre heures à froid dans l'acide chlorhydrique, on s'assure aisément que les cristaux sont attaqués, tandis que le verre ambiant est inaltéré.

La préparation lavée à l'eau distillée donne un liquide où l'oxalate d'ammoniaque décèle la présence de la chaux et la préparation elle-même traitée par une goutte de solution de violet d'aniline se teint dans tous les points où l'attaque a mis en liberté de la silice gélatineuse.

La wollastonite développée dans le verre par un phénomène de dévitrification offre une grande tendance à se disposer sous forme radiée; les figures 1, 2, 3, 4, 5, qui représentent des sections de dévitrifications à wollastonite vues en lumière polarisée entre les nicols croisés portent toutes l'indication de cette tendance.

Il arrive même que la wollastonite forme dans le verre des sphérolithes dont le volume peut atteindre la grosseur du poing.

Les figures 1 et 2 représentent : la première, une portion de section radiale; la seconde, une portion de section tangentielle d'un module de 6 *cm* de diamètre.

La figure 14 représente, en grandeur naturelle, une masse vitreuse contenant un grand nombre de petits sphérolithes de wollastonite.

La sphérolithe qui a fourni les figures 1 et 2 a permis de faire, à cause du développement considérable de ses éléments, une observation qui vient compléter celles que nous avons déjà décrites. La coupe représentée figure 2, donnant la section transversale des cristaux de wollastonite, disposés radialement dans le sphérolithe, montre que ces cristaux sont, comme nous l'avons dit précédemment, aplatis dans deux directions différentes. En effet, les petits bâtonnets résultant de leur section se divisent en deux catégories.

Dans un même faisceau, uniformément teinté entre les nicols croisés, on constate qu'un certain nombre présentent un allongement négatif et que les autres, à peu près aussi nombreux, présentent un allongement positif.

Les premiers s'éteignent sous un angle de 32°, les seconds sous un angle de 37°.

Si l'on considère l'allongement des premiers comme correspondant à la face *p* (001), il s'ensuit que la bissectrice aiguë fait un angle de 32° avec cette face.

C'est ce que l'observation a donné, du reste, pour la wollastonite des roches.

...peut donc affirmer que l'une des faces d'aplatissement de la ...tonite des dévitrifications n'est autre que la face p (001).

...r trouver quelle est l'autre face d'aplatissement, nous ferons ...quer que la bissectrice obtuse fait un angle de 37° avec ... par conséquent la face en question fait un angle de 95° p (001), ce qui correspond à la face $a^{\frac{1}{2}}$ (201).

... la wollastonite des sphérolithes des dévitrifications est ...gée suivant l'orthodiagonale et aplatie dans certains cristaux ...ant p, dans d'autres suivant $a^{\frac{1}{2}}$.

...a wollastonite se montre dans certaines dévitrifications accom-...gnée d'un pyroxène jaune verdâtre qui, vu en lame mince, est ...nuancé d'une légère teinte jaune. Il possède toutes les ...étés du diopside des roches naturelles, sauf que les faces ...antes semblent être les faces du prisme (110) ($\bar{1}\bar{1}0$) et non ...inacoïdes g^1 et h^1 (010) et (100).

...clivages sont très marqués et assez réguliers. L'allon-...ment a lieu suivant l'arête *mm*. Le plan des axes optiques est (010). La bissectrice positive fait un angle de 38° avec l'arête ...l'écartement des axes est d'environ 60°. La réfringence et la ...fringence sont celles que l'on attribue d'ordinaire au diopside.

...pyroxène se présente également sans accompagnement de ...stonite ; dans ce cas, le verre dévitrifié présente généralement ...uleur verte plus ou moins foncée et grisâtre.

...figures 8 et 10 représentent des dévitrifications caractérisées ...développement des diopsides.

...figure 9 représente une dévitrification dans laquelle le diop-...et la wollastonite figurent à peu près en égales proportions.

...mélilite (humboldtilite) se montre soit en groupements irré-...rs, soit sous forme de sphérolithes, soit en amas cristalli-... Les figures 12 et 13 représentent deux types de ces asso-...ns de cristallites de humboldtilite. On y voit les éléments ...és par ce minéral disposés en rangées alignées dans deux ...tions à angle droit.

...sphérolithes sont composés de petits cristaux allongés paral-...ment à la base (001) et disposés tangentiellement autour d'un ...tre. La figure 11 donne une idée de l'un de ces groupements ...au microscope en lumière parallèle entre les nicols croisés. ...petits cristaux en section rectangulaire ont environ 0,05 *mm* ...ngueur sur 0,02 *mm* de largeur. Ils présentent un clivage net

et régulier parallèlement à la base. Ils polarisent dans les teintes blanc grisâtre. Le signe de leur allongement est positif. Si le sphérolithe était parfaitement régulier, il présenterait une croix noire, mais, suivant certains plans diamétraux, il offre des plis, des inflexions brusques d'où résultent des bandes noires nouvelles. Les petits éléments du sphérolithe possèdent transversalement des canelures caractéristiques. Enfin, quelques-uns d'entre eux, par suite d'irrégularités accidentelles dans la constitution du sphérolithe, se montrent suivant la base *p* (001) et demeurent éteints dans toutes les positions.

A cause de la petitesse des éléments on ne voit qu'imparfaitement en lumière convergente la croix noire qu'ils laissent cependant apercevoir.

Tous ces caractères ne laissent aucun doute sur la détermination du minéral.

On peut, du reste, dans la plupart des cas, constater son attaque aux acides et vérifier au moins qualitativement sa composition.

De même que la wollastonite et le diopside, la humboldtilite présente fréquement de très beaux exemples d'inclusions vitreuses à bulle.

Nous rattacherons à la famille des feldspaths certains cristaux dont nous avons trouvé des spécimens dans des petites plages arrondies provenant de dévitrifications. Les sections observées du minéral en question ont environ 0,08 *mm* de longueur et 0,05 *mm* de largeur ; leur forme est rectangulaire ; leur allongement est de signe négatif : c'est un minéral à deux axes écartés ; le plan des axes optiques est parallèle à la direction d'allongement. La réfringence et la biréfringence sont celles des feldspaths acides. Les extinctions se font dans un angle très petit (environ 2 à 3°). On observe une macle binaire ressemblant beaucoup à la macle de Karlsbad. Quand on dispose la section de manière à ce que la direction d'allongement fasse un angle notable avec les sections des nicols croisés, on aperçoit des bandes étroites discontinues ressemblant à celles de certains feldspaths tricliniques naturels et en particulier à celles de l'anorthose, mais il est difficile, à cause de la petitesse à l'angle d'extinction, de dire si l'on a affaire à un minéral maclé suivant la loi de l'albite ou à un prisme cannelé. Les essais chimiques étaient impraticables sur les échantillons que nous avons eu à examiner. C'est donc avec un certain doute que nous rapportons ces cristaux à un minéral de la famille

... bien que toutes les propriétés observées s'accor... celles de ces minéraux.

... les éléments de dévitrification ci-dessus étudiés, ... produits cristallisés renferment de belles inclusions ... qui affectent généralement la forme de leur hôte. ... dont nous venons de donner le résultat, on peut ... conséquences utiles au point de vue de la com... verres et des qualités qu'il est possible de leur ... suivant les usages auxquels ils sont destinés.

... en effet que le phénomène de la dévitrification du ... les opinions ont été longtemps partagées, s'ex... naturellement par la formation dans la masse vitreuse ... silicates cristallisés, simples ou multiples, de compo... du verre qui leur a donné naissance, et que, de ... dont la formation est une cause de déprécia... verre dont ils altèrent la limpidité et la résistance en en ... la fragilité, et dont il faut par suite chercher à éviter ... se produisent à des températures différentes pour ... suivant leur composition chimique, cette tempéra... en tous cas, inférieure à celle à laquelle la fusion du ... et la combinaison des éléments vitrifiables se sont

... étant la base terreuse la plus employée par suite de ... dans la nature, du bon marché auquel elle peut ... l'état de pureté et des qualités qu'elle donne au ... elle est en combinaison avec la potasse ou la soude, ... de chercher à en augmenter la proportion le plus ... est arrêté dans cette voie par le phénomène de la ... et la formation de wollastonite qui se produisent ... pas facilement que la proportion de chaux est plus ... température relativement élevée, très voisine de ... pour le travail du verre en objets façonnés.

... est dans le même cas, et son addition à la chaux ... fait qu'accentuer ce phénomène en donnant lie... de diopside d'une part, et de wollastonite d'autre

... observation est conforme à celle de M. E. Péligot, qui ... par l'analyse de cristaux provenant des dévitrifi... verre de Blanzy et par l'étude cristallographique faite ... aux, a pensé que la magnésie même jouait un ... prépondérant dans ce phénomène. Il n'en est pas de même

de l'alumine qui, en venant s'ajouter aux bases précédentes, est susceptible de donner ou des feldspaths ou des cristaux de la famille des mélilites dont la formation est beaucoup plus difficile.

Même en opérant aux températures convenables, les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy constatent que la cristallisation du feldspath ne se fait qu'avec une grande lenteur, et quant au mélilite, sa formation implique à la fois la présence dans le verre de la potasse, de l'alumine, de la magnésie et du fer en proportion notable, conditions qui se trouvent bien plus souvent réalisées dans les matières vitreuses des hauts fourneaux que dans les produits des verreries.

La première raison est, à notre avis, celle de la grande stabilité des verres alumineux qui peuvent être travaillés indéfiniment sans donner de cristallisation, quoique la somme des bases terreuses soit souvent supérieure à la quantité de chaux qui dans un verre unique, serait suffisante pour amener rapidement la dévitrification.

La présence dans un verre de certaines bases, alumine et potasse, a pour résultat de diminuer la faculté qu'a ce verre à se dévitrifier, puisque les silicates d'alumine et de potasse sont relativement peu fusibles et surtout difficilement cristallisables; il semble que les verriers devraient s'attacher à produire les verres réalisant ces conditions d'autant plus qu'il en résulterait pour eux une économie notable d'argent, l'alumine étant un produit d'une valeur infiniment moindre que les alcalis proprement dits, potasse et soude.

En tout cas, l'introduction de l'alumine présente des avantages comme moyen d'empêcher la dévitrification, car les feldspaths et les mélilites, silicates alumineux, sont moins fusibles que les minéraux du groupe des pyroxènes, silicates non alumineux.

Il serait très facile aux verriers de se procurer à bas prix des calcaires argileux d'une composition telle qu'il leur suffirait d'ajouter du sable et un peu de base alcaline pour obtenir des verres stables.

Certains verriers ont pu, par l'emploi de feldspaths naturels de composition convenable, introduire en même temps que l'alumine des bases alcalines potasse et soude indispensables, réalisant ainsi les meilleures conditions de résistance et d'économie.

Si dans les fabrications du verre à bouteilles pour lesquelles les qualités recherchées et exigées sont la solidité et l'inaltérabilité sous l'action des liquides acidulés, on peut employer des matières

... donnant une composition à bases multiples de propor-
... constantes, il n'en est plus de même dans la fabri-
... des verres qui, outre ces qualités primordiales, doivent
... ler d'autres qualités, entre autres celle d'être parfaitement
... C'est le cas des verres pour la lunetterie et l'optique.
... que nous venons de faire des produits de la dévitrifi-
... verre ordinaire et du verre à bouteilles nous conduit à
... considérations théoriques relativement à leur consti-

... théories ont été proposées pour ces phénomènes; quelques
... et à leur tête Berzelius ont émis l'opinion que le verre
... n'était autre chose que la matière vitreuse ayant acquis
... propriétés nouvelles par la cristallisation; cette opinion par-
... encore aujourd'hui par un grand nombre de verriers a été
... par M. Pelouze dans un travail sur la cristallisation du
... en 1874 à l'Académie des sciences.
« La dévitrification, dit ce savant, consiste en un simple chan-
... physique du verre. »
... base pour adopter cette conclusion sur ce fait que de nom-
... analyses ne lui ont montré qu'une différence insignifiante
... composition entre le verre primitif et la même matière après
...fication.
... admet implicitement qu'un verre quelconque est susceptible
... transformer entièrement en une matière cristallisée.
... lui, le fait se passerait notamment pour le silicate de
... et de chaux qui constitue les verres tels qu'on les compose
... ment et dans lesquels la silice, la soude et la chaux n'en-
... pas en proportions définies.
... explication en contradiction avec les lois connues de la
... n'est évidemment justifiée que dans des cas particuliers;
... dans lesquels le verre présente la composition d'un
... défini ou bien encore d'un mélange de minéraux définis
... de cristalliser.
... de nombreux exemples de faits de ce genre. Ainsi
... de MM. Fouqué et Michel Lévy ont montré que
... faire cristalliser intégralement les verres ayant la
... de l'oligoclase, du labrador, de l'anorthite, de la né-
... des pyroxènes, etc.
... expériences plus complexes des mêmes auteurs ont
... obtenir à l'état cristallisé des mélanges de plusieurs sili-
... avaient préalablement fondus en un verre limpide et

parfaitement homogène; nous citerons comme exemple la reproduction du basalte composé de feldspath, de labrador, d'olivine, d'augite et de fer oxydulé, nous citerons aussi la reproduction de certaines néphélinites composées de néphéline, d'augite, de spinelle, de grenats-mélanite et de fer oxydulé.

Dans ces derniers cas, la cristallisation du verre formé avec le mélange chimique employé était complète, mais on comprend très bien que dans un grand nombre de cas, on puisse imaginer des mélanges qui ne soient pas susceptibles de se résoudre en un agrégat de substances cristallisées.

Une seconde théorie, plus rationnelle, a été proposée en 1830 par M. J.-B. Dumas; ce savant a considéré la dévitrification comme une cristallisation du verre due à la formation de composés définis infusibles à la température existante au moment de la dévitrification et impliquant, dans la plupart des cas, la formation d'un résidu amorphe correspondant à un mélange chimique dont les éléments, soit isolés, soit combinés, ne sont pas connus à l'état cristallisé.

Il admet que cette infusibilité relative est le résultat, tantôt de la volatilisation alcaline, tantôt d'un simple partage dans les éléments du verre; les alcalis passent alors, d'après lui, dans la portion qui conserve l'état vitreux.

Pour M. Dumas, les éléments cristallisés ne préexistent pas dans le verre, et ne se forment qu'au moment de la dévitrification.

Pour d'autres auteurs, le verre, malgré son homogénéité apparente, contient déjà dans sa masse des composés définis s'en séparant au moment de la cristallisation.

D'après cette opinion le verre dévitrifié aurait une constitution identique à celle qu'il présente à l'état fondu ; ce serait une sorte de dissolution des éléments cristallisables faite à une haute température dans une matière dissolvante avec conservation de la mollécule cristalline au sein du dissolvant.

M. Beurath, savant industriel à Dorpat, a discuté la question de savoir quel était le dissolvant en question et lui a attribué les compositions suivantes :

$$NaO.\ CaO.\ 6\ SiO^2.$$
$$NaO.\ CaO.\ 4\ SiO^2.$$

Mais nous ferons remarquer que, même en admettant l'assimilation du verre aux dissolutions, il serait impossible d'attribuer aux deux silicates précités le rôle que l'on a voulu leur donner : en

dans les cas de cristallisation complète qui ont été cités pré[illegible] l'agent dissolvant n'a pu présenter cette composition [illegible] d'une façon constante; il a dû présenter des compositions [illegible] variées pendant la durée de la cristallisation et, en [illegible] être identique au minéral qui a cristallisé postérieu[illegible] à tous les autres.

[illegible] donc, il faut écarter l'idée d'un dissolvant unique et [illegible] à tous les verres, en un mot, d'un verre *normal*.

[illegible] point très intéressant de la question est celui de [illegible] dans l'hypothèse précédente si ce sont véritablement les [illegible] cristallisés par l'effet de la dévitrification qui sont en [illegible] dans le verre.

[illegible] avec les dissolutions aqueuses, tout à fait légi[illegible] cas qui nous occupe, ne paraît pas justifier cette ma[illegible] On sait en effet, par des expériences variées, qu'en [illegible] sels en dissolution n'ont pas la composition de ceux [illegible] par une cristallisation de la matière dissoute.

[illegible] faites au moyen de la dialyse, l'étude des re[illegible] produits par la dissolution des sels, enfin l'examen [illegible] solubles douées de la polarisation rotatoire justi[illegible] cette conclusion.

[illegible] des pétrographes contredisent aussi l'opinion que [illegible] compris dans une sorte de dissolution au sein [illegible] homogène sont identiques à ceux que révèle une cris[illegible] par dévitrification.

[illegible] exemple, nous citerons ce fait qu'un verre ferrugineux [illegible] peu sur l'aiguille aimantée, tandis que si l'on soumet ce [illegible] qui amène sa dévitrification, on y fait naître [illegible] des cristaux microscopiques de fer oxydulé et alors la [illegible] est devenue fortement magnétique.

[illegible] donc dire que le fer oxydulé ne préexistait pas, mais [illegible] naissance par la dévitrification.

[illegible] en admettant que le verre est un mélange de corps [illegible] définie, dont les molécules plus ou moins complexes [illegible] groupements déterminés propres à chacune d'elles, [illegible] que les molécules en question sont différentes, dans [illegible] des cas, de celles qui entreront ensuite dans la consti[illegible] des cristaux du verre dévitrifié.

[illegible] phénomènes que présente le sucre de canne suivant qu'il [illegible] ou fondu, c'est-à-dire à l'état de verre ou dissous, [illegible] permettre de faire ressortir avec plus de netteté l'inter-

prétation que nous venons d'exprimer au sujet de la composition intime du verre.

Le sucre cristallisé est dépourvu de polarisation rotatoire; il possède, au contraire, cette propriété, soit quand il est à l'état de sucre d'orge, soit quand il est dissous; ce fait montre déjà la similitude des verres et des dissolutions, il montre, en outre, que le réseau moléculaire qui appartient aux cristaux est détruit dans les cas de dévitrification ou de dissolution.

Dans ces deux cas, la molécule élémentaire du sucre reste seule en évidence et sa désignation se trahit par les phénomènes de polarisation rotatoire auxquels il donne naissance.

Cet exemple est très frappant en ce sens qu'il montre bien la différence qui existe entre un verre et une matière cristalline de même composition.

Le verre renferme des molécules complexes ayant une composition et une symétrie propre, mais ces molécules n'offrent aucun groupement régulier ne formant pas de réunion jusqu'au moment où commence le phénomène de dévitrification.

Il nous reste à considérer la question des relations existant entre la composition chimique du verre et celle des cristaux qu'il est susceptible de produire.

M. J.-B. Dumas, comme nous l'avons vu ci-dessus, avait émis l'idée que les cristaux provenant d'une dévitrification étaient toujours plus acides que le résidu vitreux de cette opération; dans certains cas particuliers, l'opinion de M. Dumas est justifié par l'observation.

Des exemples nombreux de dévitrification observés, soit dans des roches naturelles, soit dans des laitiers de hauts fourneaux, montrent effectivement que dans certains cas, assez nombreux eux-mêmes, il y a production de silice cristallisée sous forme de tridymite.

Les expériences de reproductions artificielles, effectuées à haute température par M. Hautefeuille, lui ont permis d'obtenir, au sortir d'un bain alcalin, non seulement la tridymite, mais encore du quartz cristallisé.

M. Fouqué a obtenu de la silice cristallisée sous forme de tridymite associée à un pyroxène calcique en dévitrifiant un verre formé de 63 0/0 de silice et 37 0/0 de chaux. Nous avons tout dernièrement observé une formation abondante de lamelles de tridymite dans les fissures de grains de quartz enclavés dans le verre.

... grains de quartz en question avaient 1/2 mm à 1 mm de ... ils avaient en grande partie perdu leur action sur la ... polarisée ; ils se montraient parsemés de nombreuses in... les unes vitreuses, les autres gazeuses.

... grains étaient séparés en plusieurs fragments par des fentes ... larges de quelques centièmes de millimètre et rem... par de la matière vitreuse.

... ces interstices, la tridymite se montre en lamelles d'une ... minceur, souvent hexagonales, implantées normalement ... fragments quartzeux en présence.

... and la tridymite se montre sur la tranche, elle agit sur la ... polarisée et ressemble beaucoup par sa biréfringence et ... d'allongement à de l'albite ou de l'oligoclase.

... ce cas, la tridymite n'est pas le résultat d'une simple dévi... elle provient de la réaction mutuelle qu'ont exercée ... l'autre le quartz et une matière vitreuse fondue.

... présence du quartz demeuré solide au milieu de la matière ... a déterminé la cristallisation de la trydimite aux dépens ... verre très siliceux logé dans les fentes du minéral.

... influence est d'ailleurs manifestée par la disposition ... tridymite en touffes normales à la surface des fragments ...

... un fait analogue à celui qui s'accomplit dans les cristalli... en grand qui s'opèrent parfois dans les verreries.

... en effet que si, dans du verre fondu de composition con... , on projette des fragments de verre à l'état solide, ces ... servent de point de départ et de centre à une cristalli...

... des verres avec les dissolutions devait d'ailleurs faire ... phénomène.

... la mise en liberté de la silice ne s'obtient artificiel... aux dépens d'un verre que dans certains cas particuliers, ... des verres ordinaires se fait le plus souvent sui... un mode inverse ; les produits principaux qui se séparent à ... sont plus basiques que la partie qui reste à l'état ... quand la cristallisation est opérée.

En effet, ces trois produits sont :

La wollastonite ;

La dyopside ;

La mélilite,

... contiennent guère que 50 0/0 de silice, tandis que le verre

en général en renferme 70 à 74 0/0; le résidu est donc encore plus acide, et si souvent les analystes sont arrivés à des conclusions contraires, c'est que les cristaux prenaient naissance au sein d'un liquide complexe englobant nécessairement une partie décomposée encore liquide, en sorte que leur analyse ne peut pas ordinairement donner la composition des silicates qui se sont séparés par cristallisation.

Du reste, le microscope montre les proportions considérables de verre qui subsistent au milieu des concrétions de dévitrification en apparence les mieux cristallisées.

En résumé, nous nous représentons le verre comme formé d'un ou plusieurs composés définis dont les molécules sont dépourvues d'arrangement régulier et par suite différant entièrement des assemblages en réseaux propres aux substances cristallisées.

D'après les considérations ci-dessus exposées, les composés définis entrant dans la composition des verres seraient constitués par des mollécules déjà bien individualisées au point de vue physique et composées par des agrégats atomiques définis au double point de vue de la composition chimique et de l'arrangement.

Ces composés peuvent être dans certains cas identiques aux corps cristallisés susceptibles de prendre naissance au sein du verre, mais, dans d'autres cas, ils peuvent offrir une construction différente favorable seulement à la formation de certains corps cristallisés.

La tendance à la cristallisation est d'autant plus marquée que la composition du verre se rapproche davantage de celle d'une espèce ou d'un mélange de plusieurs espèces cristallines connues.

CHRONIQUE

N° 123.

[illegible] — Accident du caisson du pont de Jeffersonville. — Effet du vent sur un [illegible]. — Tramway à air comprimé. — Locomotives des premiers chemins de fer d'Al[illegible]. — Industrie des machines agricoles en France. — Magasinage du pétrole dans [illegible]. — [illegible] en papier.

Accident du caisson du pont de Jeffersonville. — Il est [illegible] janvier dernier, à la pile n° 1, en fonçage, du pont de l'Ohio, [illegible], un grave accident. L'air s'étant brusquement échappé [illegible], l'eau et le terrain l'ont envahi et quatorze hommes qui s'y [illegible] ont péri, quatre autres seulement ont pu s'échapper.

[illegible]-News donne sur cet accident des détails très complets [illegible] résumons ci-après et dont il dit emprunter la plus grande par[illegible] locale, le *Courier-Journal*, de Louisville.

[illegible] caisson était du modèle ordinaire, de 15 m environ de longueur sur [illegible] de largeur, avec une chambre de travail de 2,30 m de hauteur; [illegible] construit en bois de 0,305 m sur 0,305 m d'équarrissage, et muni [illegible] chambre d'équilibre de 0,915 m de diamètre, 9,60 m de hauteur, [illegible] cheminée pour les matériaux de 0,75 m de diamètre et de [illegible] d'échappement. La chambre d'équilibre avait deux portes, [illegible] haut, l'autre au bas, toutes deux ouvrant, comme d'usage, de [illegible] en bas. On n'est pas certain si ces portes étaient munies de crochets [illegible], pendant un certain temps on n'en mettait pas. Au moment de [illegible], le tranchant du caisson était à 9,15 m au-dessous du niveau [illegible] et engagé dans du sable.

[illegible] les travaux de ce genre, il est d'usage d'avoir toujours un homme [illegible] la chambre d'équilibre pour manœuvrer les robinets et surveiller [illegible] du bas et un à l'extérieur de la chambre pour remplir les mêmes [illegible] par rapport à la porte supérieure. Les portes ont chacune [illegible] d'équilibre, elles sont à charnière placée sur un côté et, [illegible] sont assez lourdes, elles sont munies d'un petit palan pour [illegible] et aussi les empêcher de tomber lorsque la pression inté[illegible] vient à cesser. Ces portes sont en tôle avec une garniture en [illegible], leur disposition était d'ailleurs bien entendue pour le de[illegible] dans le caisson.

Le contre-maître John Knoch fit entrer ses hommes dans la chambre [illegible] du caisson à quatre heures après-midi et leur fit creuser une [illegible] de 0,50 m de profondeur sous un des côtés du caisson, dans [illegible] apparemment de remettre celui-ci de niveau. Vers cinq heures [illegible] minutes, cette tranchée était faite, et Knoch était occupé à [illegible] pour faire descendre le caisson lorsque l'accident se pro[illegible].

Les témoignages ne sont pas d'accord sur les conditions qui existaient à ce moment. Walsh, le préposé du haut de la chambre d'équilibre, dit qu'on avait enlevé la porte supérieure pour allonger la cheminée. D'autres disent que Baldwin, le préposé à la porte du bas, n'était pas à son poste dans la chambre d'équilibre, mais en dehors de la cheminée et que c'est en voulant y rentrer qu'il ouvrit la porte et fit tomber la pression dans la chambre d'équilibre. Cette hypothèse ne semble pas probable. Il parait que la pression dans la chambre de travail s'est abaissée brusquement et que, quelle qu'en soit la cause, la porte inférieure qui n'était point retenue s'est ouverte dès que son poids a été supérieur à la différence des pressions agissant sur ses deux faces. Dans ces conditions, si la chambre d'équilibre avait été fermée à la partie supérieure, elle se serait remplie d'air comprimé et l'ouvrier Baldwin n'eût pu ouvrir la porte du haut sans faire tomber préalablement la pression dans la chambre d'équilibre et par suite dans le caisson qui se trouvait en communication avec elle.

En coordonnant les divers récits des journaux, on peut donner l'explication suivante : il n'est pas douteux que Baldwin, le préposé à la porte du bas, ne fût absent de son poste, car il est sain et sauf et ne fait pas partie des quatre hommes qui se sont échappés par la chambre d'équilibre. La porte du bas était ouverte, car ces quatre hommes ont passé par elle et les corps des autres ont été retrouvés pressés dans la chambre d'équilibre et à moitié enfouis dans le sable qui l'avait envahie. Une rentrée brusque du terrain est un accident qu'on ne peut pas toujours éviter, mais, si Baldwin eût été à son poste et eût maintenu sa porte fermée, elle n'aurait pas pu s'ouvrir et l'accident n'eût pas été suivi des fatales conséquences qu'il a eues.

On a dit que la porte de la partie supérieure avait été enlevée pour l'allongement de la cheminée. Cette opération était, en effet, nécessaire par suite de la profondeur où se trouvait descendu le tranchant du caisson, mais elle n'aurait exigé que peu de temps et le contremaître Knoch aurait eu gravement tort de procéder à l'opération, toujours plus ou moins délicate, de la descente du caisson pendant l'absence de la porte supérieure de la chambre d'équilibre.

En agissant de cette manière, au lieu d'avoir deux portes fermées entre lui et le danger, il n'en avait qu'une, et celle-ci abandonnée sans surveillant.

On a parlé d'une insuffisance de force du caisson. Cette supposition ne parait pas fondée ; le caisson a été construit par une maison qui a une longue expérience de ce genre de travaux et qui est parfaitement à même de se rendre compte des dangers et de la responsabilité qu'elle encourrait pour une économie misérable. D'ailleurs, le caisson a été, une fois vidé, retrouvé en parfait état. La cheminée des matériaux a été trouvée enlevée probablement par l'afflux brusque d'eau et de sable qu'on dit en avoir jailli à 10 ou 15 *m* de hauteur au moment de l'accident.

L'entrepreneur, M. Chas. Sooysmith, a déclaré que c'était le premier accident ayant eu de fatales conséquences qui se fût produit dans les travaux faits par sa maison, bien connue dans cette spécialité.

[illegible] pour lui un mystère et, comme tous les agents respon- [illegible] dans la catastrophe, il sera sans doute bien difficile de [illegible] jamais la vérité. D'après lui, Knoch, le contremaître, était un [illegible] expérimenté et prudent; il avait travaillé à plusieurs ponts, [illegible] autres à celui de Sibley, et on en avait toujours été satisfait.

M. [illegible] croit que l'accident s'est produit instantanément et [illegible] avertissement quelconque. Lorsque le contremaître a lâché l'air [illegible] descendre le caisson, s'il avait vu la moindre trace de ce qui [illegible], il eût immédiatement fermé le robinet d'échappement [illegible] remonter la pression. Il est probable qu'on aura rencontré une [illegible] bouillant, qui aura cédé à la pression de l'air, que le cais- [illegible] brusquement et qu'une partie de l'air s'échappant, la [illegible] travail aura été envahie sans qu'on eût pu rien faire pour [illegible] la pression.

[illegible] remontèrent immédiatement vers la chambre d'équilibre [illegible], lorsque les quatre premiers ouvrirent la porte supérieure, [illegible] du bas aurait dû se refermer automatiquement et conserver la [illegible] dans le caisson, mais elle était obstruée par les malheureux qui [illegible] à remonter, et dès lors, toute pression étant supprimée dans [illegible], l'eau et le sable sortirent d'une manière torrentielle. Ce n'est [illegible] hypothèse basée sur ce fait que le sable est un terrain dangereux [illegible] céder au moment où on s'y attend le moins.

[illegible] cette explication, la porte du haut de la chambre d'équilibre [illegible] en place et elle aurait été ouverte par les premiers ouvriers [illegible] pour monter. Ceci impliquerait le fait que l'échappement de l'air [illegible] tranchant aurait été assez complet pour détruire presque entiè- [illegible] la pression dans la chambre de travail et dans la chambre d'é- [illegible] sans cela la porte supérieure n'aurait jamais pu être ouverte du [illegible] instantanément, comme cela a dû avoir lieu pour qu'on [illegible] expliquer la manière brusque dont s'est produit l'accident. On [illegible] avec raison que toutes les explications données jusqu'ici [illegible] moins basées sur des hypothèses partant de faits affirmés [illegible] et contestés par les autres. Il est au moins prudent de sus- [illegible] les appréciations jusqu'à ce qu'une enquête ait fait connaître les [illegible] se sont produits et amené à la connaissance de la vérité, [illegible] saurait manquer d'avoir lieu.

Effet du vent sur un pont. — Le *Centralblatt der Bauverwaltung* [illegible], d'après une note de la Société russe des ingénieurs des voies [illegible] communication, un effet remarquable du vent sur un pont de che- [illegible] fer.

[illegible] 11 août 1889, un pont établi sur le Volga pour le passage de la ligne [illegible]-Wjasma, fut déplacé de 0,13 m transversalement sur ses ap- [illegible]. La travée, de forme demi-parabolique, de 106,50 m de portée pesait [illegible] tonnes, elle n'était pas fixée sur ses glissières. Celles-ci étaient grais- [illegible] au suif. Le coefficient de frottement, appliqué au poids du pont [illegible] à 0,0, donne une pression du vent égale à 35 t environ qui [illegible] correspondre à la pression par mètre carré à 132 kg. Il n'y a point eu de [illegible] d'autres que la rupture des rails et de quelques boulons.

Tramway à air comprimé. — L'emploi de l'air comprimé pour la traction sur les tramways a déjà reçu diverses applications dont les plus connues sont celles qui ont été faites par M. Mékarski, d'abord aux tramways de Nantes, puis, plus récemment, aux portes même de Paris, sur les tramways Nogentais. L'air comprimé est, comme on sait, emmagasiné sous une pression assez considérable, 30 atmosphères, dans des réservoirs placés sur les véhicules et rechargés lorsqu'ils sont plus ou moins vides dans une usine de compression d'air établie à un point de la ligne. Le colonel Beaumont a employé en Angleterre un système analogue, mais avec des pressions qui allaient jusqu'à 80 atmosphères.

On vient d'essayer à Chester une disposition différente qui peut présenter un grand intérêt dans certains cas, et qui est dû à MM. Hugues et Lancaster. Bien que ce ne soit qu'un simple essai, comme on paraît s'en occuper beaucoup en Angleterre, il nous parait utile de faire connaître les dispositions essentielles de ce système d'après les descriptions qui ont paru dans les divers journaux techniques anglais.

L'emploi des pressions élevées exige celui de réservoirs très résistants qui ont beaucoup de poids et sont très encombrants. MM. Hugues et Lancaster ne dépassent pas une pression de 10 à 12 *kg* par centimètre carré et leurs réservoirs n'ont que le volume correspondant à un parcours de 1 500 *m* environ. On les recharge, en route même, par la mise en communication avec une conduite d'air comprimé qui règne le long de la ligne et qui porte de distance en distance des bouches de prise d'air.

La manière dont ces bouches sont disposées font tout l'intérêt du système; elles permettent, en effet, de charger les réservoirs dans un arrêt extrêmement court qu'on peut faire coincider avec un arrêt pour prendre et laisser des voyageurs, et qui n'exige aucune manœuvre spéciale. Nous tâcherons de faire comprendre cette ingénieuse disposition aussi bien qu'il est possible de le faire sans le secours de figures.

Aux endroits où se trouvent les prises d'air, se trouve à côté du rail une sorte de fosse de 20 ou 25 *cm* de largeur fermée par un couvercle et où se trouve une sorte de croisillon à quatre branches dont l'axe horizontal perpendiculaire à l'axe du tramway est un branchement de la conduite d'air comprimé. Sur les voitures se trouve entre les roues et dans une position correspondante à celle du croisillon dont nous venons de parler, un croisillon analogue, mais à deux branches seulement, dont l'axe horizontal est un tuyau communiquant avec les réservoirs de la voiture. Ceci posé, lorsque le véhicule approche du point de chargement, le conducteur ralentit la marche; en abaissant un levier qui est à sa portée, il lève le couvercle de la fosse qui se trouve retenu par le bord de la voiture; le croisillon de celle-ci s'engage dans un des bras du croisillon fixe et il se produit une sorte d'engrènement entre les deux qui les amène à une position où se trouvent ouverts à la fois des robinets formés par les axes mêmes des croisillons. Si la marche se continue, les robinets se ferment et les croisillons se dégagent. A la rigueur, on pourrait prendre une charge modérée d'air sans arrêt en passant lentement sur la prise d'air, mais en pratique, on est conduit à un arrêt, très court d'ailleurs.

La voiture sur laquelle les essais ont été faits a un réservoir en tôle

[illegible] passeur. Elle pèse 2000 *kg* en nombre rond, la machine [illegible] 1000, les voyageurs autant, total 5000 *kg*. On voit que l'appa[illegible] ne représente que le tiers à peu près du poids total, soit la [illegible] utile, tandis qu'un remorqueur à vapeur qui devrait [illegible] 12 *t* représenterait le triple de la même charge utile. Nous [illegible] pas sur les avantages et les inconvénients de la traction [illegible] comprimé comparativement aux autres système de traction. [illegible] à reproduire les résultats obtenus dans des expé[illegible] voiture par le professeur Unwin. Le véhicule n'a[illegible] construit exprès, mais simplement adapté au système. Aussi [illegible] des fuites un peu gênantes qu'on espère ne pas voir se [illegible] ultérieurement.

[illegible] une résistance par tonne de niveau égale à 12 *kg* (nous [illegible] les chiffres provenant de la transformation des mesures [illegible] trouve un travail moyen de 3600 *kgm* par kilogramme [illegible] Le tableau ci-dessous donne le détail des expériences.

[illegible]	Résistance [illegible]	Pression [illegible] initiale [illegible]	Pression [illegible] finale de l'air [illegible]	Poids [illegible]	Travail produit par kilogramme d'air	Parcours [illegible] par kilo d'air
	kg	*kg*	*k*	*kg*	*kgm*	*m*
[illegible]	72	12	1,27	35,68	4 342	2 152
[illegible]	111,6	12	1,98	33,34	4 110	1 228
—	151,2	12	2,60	31,00	3 873	794
[illegible]	792,0	12	3,40	28,65	3 706	553
—	312,0	12	5,18	22,07	3 508	234

[illegible] des pentes on arrête l'arrivée de l'air sur les pistons ou [illegible] renverse la marche de manière à faire refouler dans les réser[illegible] au nombre de deux ont chacun une capacité de 1 450 [illegible] La vitesse moyenne de la voiture est de 11.5 *km* à l'heure, mais [illegible] à 24.

[illegible] estiment qu'avec du combustible à 12.5 *f* la tonne, [illegible] comme celle des tramways de Chester, la dépense de [illegible] dépasserait pas 0.04 *f* par kilomètre parcouru. Il semble que ce [illegible] aurait surtout de l'intérêt pour des villes où il existe des cana[illegible] d'air comprimé.

Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — [illegible] d'une note figurant au bas de la page 241 de la Chronique [illegible] 1880, M. Bazaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées [illegible] nous fait l'honneur de nous adresser une lettre indiquant [illegible] 1839 aucun chemin de fer français n'avait mis en service

de locomotive française, excepté le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon qui, pour son service de voyageurs, en 1839 employait cinq locomotives françaises (constructeurs Tourasse et Schneider frères, du Creusot). »

« Cela n'infirme pas d'ailleurs le tableau de 1840 (Flachat et Petiet) ni le tableau de 1842 (Deghilage). »

Le fait ci-dessus résulte des dates de mise en service des locomotives des diverses lignes françaises antérieurement à 1842, rapportées dans les tableaux du mémoire de Petiet sur l'accident de Versailles R. G. du 8 mai 1842, mémoire que M. Bazaine a bien voulu offrir à la Société pour sa bibliothèque.

Industrie des machines agricoles en France. — Notre collègue, M. le comte de Salis, a présenté à la séance générale de la Société des Agriculteurs de France, du 6 février dernier, un rapport sur l'industrie du matériel agricole qu'il nous paraît intéressant de reproduire.

Le matériel agricole, tel que nous le montre l'Exposition qui vient de se clôturer si brillamment, ne ressemble guère aux quelques outils primitifs dont se contentaient la plupart des cultivateurs il y a un siècle. en cette année 1789, dont le Centenaire a été le prétexte d'une de ces exhibitions que nos prédécesseurs d'il y a cent ans ne pouvaient soupçonner, pas plus qu'il ne leur était possible, quelle que fût leur intelligence, de prévoir la puissance et le développement des engins mis en œuvre et qui ont bouleversé la surface du pays, changé son aspect et sa vie, transformé les relations internationales.

L'agriculture aujourd'hui peut être comparée à l'industrie; les procédés actuels font d'une ferme une véritable manufacture de plantes, d'animaux dont on exploite les produits. Seuls, les esprits arriérés croient que dans les exploitations rurales tout dépend uniquement de la succession des phénomènes naturels; certainement les actions et les réactions des forces physiques, la chaleur, la lumière, l'électricité, les perturbations météorologiques, interviennent pour une large mesure dans le développement et la maturité des récoltes, mais l'homme n'est pas désarmé et sans influence sur ces puissants facteurs de la vie, comme voudraient le faire croire les intelligences timorées et paresseuses. Il n'est certainement pas le maître du climat, mais l'expérience et l'observation lui font choisir les races de plantes qui conviennent le mieux au sol de la contrée qu'il habite, qui y sont acclimatées et dont le tempérament cadre le mieux avec le milieu atmosphérique où elles doivent végéter; il arrive même à faire surgir des espèces nouvelles par la méthode de la sélection qui a fourni les célèbres blés généalogiques du major Hallett.

Quant aux terrains stériles, inoccupés, la honte de l'Europe et de la France, où pas un pouce du sol national ne devrait être abandonné, on a tous les moyens possibles de les rendre friables par l'emploi des instruments, d'en transformer les éléments minéraux ou organiques par les amendements et les engrais, et par conséquent, d'utiliser la chaleur. la lumière et la pluie qui sont distribuées en quantité égale à la terre cultivée comme à celle que l'insouciance néglige en laissant se perdre

[illegible] des forces mises à notre disposition par le souverain dis- [illegible] de toutes choses. Enfin, l'hydraulique agricole fournit, en [illegible] moyen de se débarrasser des eaux surabondantes et de les con- [illegible] donner la fertilité et la vie aux terrains arides et improduc- [illegible] peut donc dire qu'il y a un devoir absolu pour tous, devant Dieu [illegible] patrie, à économiser et à aménager le travail des bras et ce- [illegible] animés, en perfectionnant l'outillage agricole qui aide [illegible] des agents naturels, les utilise mieux et plus com- [illegible] qui augmente ainsi les forces et la richesse nationales.

La section de génie rural, imbue de ces idées, a consacré deux jour- [illegible] à l'examen collectif des nombreuses machines agricoles [illegible] tant au Champ de Mars, que sur le quai d'Orsay et sur l'Espla- [illegible] Invalides ; ses membres ont complété ces observations néces- [illegible] incomplètes par l'étude individuelle du matériel exposé. Elle [illegible] de regretter que tous les engins du travail rural n'aient [illegible] se montrer au public avec un ensemble digne de la plus [illegible] de nos industries qui occupe plus de 20 millions de Français. [illegible] forme ainsi une masse imposante, en rapport avec la haute [illegible] de l'agriculture ; ce spectacle aurait été une véritable révé- pour les habitants des villes qui ne soupçonnent pas le rôle pré- [illegible] de l'industrie rurale dans la vie du pays et ignorent complè- [illegible] mécaniques auxquels elle a recours aujourd'hui.

[illegible] de longues années, les États-Unis de l'Amérique du Nord et [illegible] ont eu de fait le monopole de la fabrication des machines [illegible] qui y constituaient une industrie puissante, servie par des [illegible] très considérables mettant en jeu de grandes usines dirigées [illegible] à la fois mécaniciens et agronomes de la plus grande [illegible]. La France n'avait à opposer à cette légion fortement constituée [illegible] ateliers, mal outillés, sans capitaux et sans direction techni- [illegible]. La situation est complètement changée, au grand profit [illegible] nationale ; sur toute la surface du territoire français, [illegible] régions, nous rencontrons des usines où la construction [illegible] agricoles est entreprise, sinon avec la puissance des ate- [illegible] américains, du moins avec de larges bases et avec un [illegible] qui permet de fournir la clientèle à des prix qui [illegible] d'exagéré, de sorte que les outils sortis de nos fabriques fran- [illegible] lutter de qualité et de prix avec ceux que présentent les [illegible] étrangers.

[illegible] à constater ; nos concours régionaux facilitent souvent [illegible] paraison, mais elle ressort surtout de l'examen des expositions [illegible].

En 1855, on a vu pour la première fois une exhibition assez complète [illegible] agricoles : on avait bien admis dans des expositions natio- [illegible] quelques charrues ou engins pour la culture du sol, [illegible] plutôt à titre exceptionnel et pour montrer que ce qui con- [illegible] l'agriculture n'était pas passé sous silence. On peut dire que dans [illegible], à part les charrues, la machinerie française exposée était [illegible] inférieure aux instruments anglais exposés. Il ne faut pas oublier [illegible] moment les faucheuses et moissonneuses étaient à l'état [illegible]

mentaire, et que les machines à battre ne faisaient qu'un travail incomplet tant comme égrenage que comme nettoyage et qu'elles avaient l'inconvénient, grave pour certaines régions, de briser la paille. Quelques locomobiles apparaissaient, mais on était loin de se douter de leur utilité pratique; elles étaient presque considérées comme des objets de luxe destinés aux écoles officielles de l'Etat et aux exploitations dirigées à grands frais par les privilégiés de la fortune.

En 1867, le matériel agricole se montre avec un véritable éclat: de nombreuses machines garnissent le palais du Champ de Mars, ses annexes, le parc et l'île de Billancourt, malheureusement délaissée par le public. En douze ans, des progrès immenses se sont réalisés; les faucheuses et moissonneuses sont entrées dans le domaine de la pratique, les machines à battre fournissent du grain prêt à figurer sur le marché, les locomobiles sont nombreuses, et on commence à comprendre le grand avantage qu'il y a à les substituer aux manèges. Les constructeurs anglais ont une magnifique exposition dans l'annexe qui leur est réservée; mais les machines françaises peuvent leur être comparées, quelquefois avec avantage. D'anciennes maisons se sont transformées: de nouvelles ont été créées; le cultivateur n'est pas aussi rebelle à l'emploi d'engins mécaniques; des industriels intelligents et hardis comprennent qu'une clientèle immense leur est ouverte.

L'Exposition de 1878 marque, au point de vue de la mécanique agricole, un pas considérable en avant. Le nombre des constructeurs de charrues et d'outils à façonner le sol s'est considérablement accru: il en est de même de la qualité de leurs produits; les métaux sont convenablement choisis, employés avec discernement et bien forgés; les versoirs ont enfin des formes qui allègent considérablement la charge des attelages, tout en travaillant mieux le sol; les presses à fourrages véritablement pratiques se montrent en nombre; les batteuses ont subi de grandes améliorations; on voit apparaitre les petites machines à main, dites suisses, enfin la moissonneuse lieuse, mais fonctionnant au fil de fer, prouve tout au moins que le liage mécanique des gerbes est possible. Quant aux machines à vapeur, on se préoccupe moins d'une simplicité exagérée; on cherche, tout en évitant les complications inutiles, à rendre la consommation du charbon aussi restreinte que possible. Au point de vue des transports agricoles, les petits chemins de fer Decauville font leur apparition.

L'Exposition de 1889, où malheureusement le matériel agricole était si peu concentré qu'il était difficile de trouver certains objets, révèle tout d'abord l'extension considérable prise en France par la fabrication des machines et des engins de toute sorte à l'usage de la culture. Les progrès de la métallurgie ont favorisé ce développement et l'emploi judicieux de l'acier est général; il permet d'unir la légèreté à la solidité, ces deux qualités qui s'excluent habituellement et qu'on doit rechercher dans les machines agricoles d'extérieur dont le nombre de fabricants est vraiment prodigieux et inespéré.

Les semoirs qui étaient un peu délaissés par nos constructeurs se présentent en grand nombre; autrefois d'une simplicité apparente qui

... à la bonne exécution du travail, ces outils délicats ne laissent ... rien à désirer.

... machines à battre sont améliorées dans bien des détails ; des ... particuliers sont appropriés aux besoins des diverses régions ; des ... mixtes permettent de battre les petites graines.

... constructeurs français ont pris hardiment en main la ... du problème du liage à la ficelle et leurs appareils peuvent ... les similaires étrangers.

... faut noter l'emploi général du métal pour une foule d'appareils dans la ferme, dont les détails ont été très améliorés.

... l'étendue et la perfection de la mécanique agricole, il ... de ne pas signaler la singulière attitude des étrangers ... venus, cette fois-ci, qu'en très petit nombre. Ils savaient ... courtoisie et la justice françaises n'étaient pas éteintes, que ... des machines allait en augmentant ? D'où vient cette ... ; il ne nous appartient pas de le dire ; mais nous pouvons ... que les millions de visiteurs ruraux amenés à prix réduit ... Compagnies de chemins de fer n'ont pu rencontrer que du ... français, bien exécuté, avec de bons matériaux et remplissant ... qui lui était assigné. Ils ne se serviront à l'avenir que de ce qu'ils ... voir et apprécier.

... résultats ne peuvent être obtenus que par de longs et pénibles ... par des travaux persévérants et continus. Aussi, comme sanction ... à l'Exposition, la section de génie rural a pensé à attribuer ... français un témoignage de satisfaction pour les résultats ...

... était évidemment impossible de donner à chacun une récompense ... d'ailleurs, les mérites ne sont pas égaux et à aucun titre la ... ne peut s'ériger en censeur du Jury officiel ni refaire son travail. ... est d'attribuer à l'ensemble des constructeurs français de ... agricoles une preuve publique et éclatante des résultats obtenus ... dépensé pour y parvenir.

... pouvons réaliser cette pensée en offrant l'objet d'art de la Société ... de France au *Syndicat des constructeurs* de machines ... d'agriculture et d'horticulture de France, dont M. Albaret ... président-fondateur et M. Gautreau, le président ; la récompense est remise au syndicat comme représentant l'ensemble des ... français, presque tous les exposants en faisant partie.

... agricole ratifiera cette décision qui ne blesse aucun amour ... et est justement méritée par ceux qui ont créé en France une ... considérable qui n'existait pas il y a cent ans.

Magasinage du pétrole dans les phares. — On emploie ... aujourd'hui le pétrole pour l'éclairage des phares des ... la mer du Nord en Allemagne, et on a adopté des installations ... pour le magasinage et la conservation de cette matière, ... en dehors de la question de sécurité, de réduire au minimum ... par les fuites et par la manutention.

Le pétrole est conservé dans des réservoirs en tôle de capacité suffi-

sante pour recevoir l'approvisionnement nécessaire à une année; les plus grands de ces réservoirs ont 1 mètre de diamètre et 1,50 *m* de hauteur; la tôle a de 3 1/2 à 4 1/2 *mm* d'épaisseur pour les parois circulaires, de 3 à 3 1/2 pour le couvercle et 5 à 6 pour le fond. Ces épaisseurs sont nécessaires pour assurer l'étanchéité des joints.

On emploie pour ces réservoirs quatre systèmes différents de fabrication : 1° des joints à doubles rangs de rivets; 2° la même disposition avec mattage et calfatage des joints; 3° des joints soudés: 4° double paroi avec un seul rang de rivets et joints mattés et calfatés.

Le troisième système a été trouvé le meilleur en pratique, bien qu'il soit le plus coûteux.

La double paroi présente un inconvénient, celui de la gelée en hiver, qui oblige à vider l'enveloppe de l'eau qu'on y met.

Les réservoirs sont placés dans des caves en maçonnerie isolées des autres bâtiments. Ils sont munis de tubes de niveau en verre, et on les vide et les remplit par des tuyaux qui passent par des ouvertures ménagées dans la voûte des caves. Autrefois, quand on prenait l'huile directement dans les fûts, la perte allait de 5,4 à 13,7 0/0; avec la disposition actuelle, elle ne dépasse pas 1 0/0 et on a des garanties à peu près complètes de sécurité.

Poulies en papier. — On sait que le papier est aujourd'hui employé pour la fabrication de quantité d'objets, parmi lesquels on peut citer les roues de wagons. Notre collègue, M. Burot, constructeur de machines à Angoulême, en a fait une heureuse application aux poulies de transmission.

Ces poulies sont formées, comme les poulies en fer, si répandues depuis quelque temps, d'un moyeu en fonte et de bras en fer portant une armature sur laquelle repose la jante en papier. Cette armature, également en fer, maintient la jante pendant la fabrication, en même temps qu'elle lui donne ensuite plus de solidité.

Le papier, d'une qualité spéciale et choisi après un grand nombre d'essais, est collé, enroulé et comprimé en une seule opération sur l'armature en fer, de sorte qu'il ne reste qu'à sécher la couronne et à la tremper ensuite dans un bain d'huile de lin et résine convenablement préparé, pour donner au papier plus de résistance à l'humidité, quoique des poulies non préparées ainsi et exposées à l'action du froid et du brouillard pendant tout un hiver aient parfaitement résisté et fonctionné en continuant à faire un bon service.

Ces poulies étant excessivement légères et d'un prix bien inférieur à celui des poulies en fer ou en fonte, sont destinées à les remplacer rapidement dans tous les cas où la transmission n'exige pas une puissance considérale. M. Burot les emploie actuellement pour transmettre des puissances de 1/2 à 4 chevaux. Des essais faits en ce moment sur des poulies transmettant de grandes forces permettront probablement de les utiliser dans ce cas.

Ces poulies chargent peu les arbres et permettent d'en employer de diamètre relativement faible; elles présentent, en outre, l'avantage de pouvoir être élargies ou rétrécies très facilement en cas de besoin.

COMPTES RENDUS

[illegible]TÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1890

Liste des membres du Conseil pour 1890.

[illegible]port sur l'**état financier** de la Société.

[illegible] de M. E. Simon sur l'**interrupteur automatique** appli[illegible] transmissions de MM. Chaize frères.

[illegible] actuellement, dans les régions de Saint-Étienne et de [illegible] actionner les métiers à tisser placés au domicile de l'ouvrier par [illegible] motrice générale venant du dehors.

[illegible] qui fait l'objet de ce rapport a pour but : 1° de régulariser [illegible] plusieurs métiers actionnés par un même moteur élec[illegible] 2° de réduire au minimum la consommation de la puissance [illegible]

[illegible]teur de MM. Chaize frères est à force centrifuge et entière[illegible] comparable aux régulateurs à boules en usage sur les machines à [illegible] pour interrompre le circuit, dès que la vitesse dépasse le [illegible] tours normal et rétablit le courant dès que le ralentissement [illegible] effectué. Par une disposition heureuse, les contacts sont [illegible] d'un liquide, ce qui évite la production d'étincelles hors [illegible] courant.

[illegible] métier est adapté un commutateur solidaire du débrayage, [illegible] par suite de la liaison des métiers à la réceptrice, lors[illegible] un métier, celui-ci se trouve isolé de la source électrique ; [illegible] des métiers cesse d'agir, la dynamo-réceptrice cesse spon[illegible] de fonctionner et, par conséquent, la transmission de tourner [illegible] perte.

[illegible] de M. Le Chatelier, sur l'**acier-manganèse**, de M. Had[illegible]

[illegible] s'agit d'un nouvel alliage de fer et de manganèse, présenté par [illegible] Hadfield, directeur des *Hecla-Works* à Sheffield. La proportion de [illegible] peut varier de 2 à 23 0/0 ; au-dessous de 7 0/0, les alliages [illegible] propres par leur fragilité aux applications industrielles, tandis [illegible] les proportions de 12 à 14 0/0, on obtient un nouveau métal [illegible] qualités très remarquables. Il présente notamment une particu[illegible] qui le distingue de l'acier, c'est que la trempe agit sur lui en aug[illegible] à la fois son élasticité et son allongement, et cela dans une

mesure d'autant plus grande que le refroidissement a été plus intense. L'allongement peut aller jusqu'à 50 0/0; il se produit uniformément sur la longueur des éprouvettes, il n'y a pas de striction.

Cet effet de la trempe qui, simultanément, fait monter la charge de rupture de 57 à 105 *kg* par millimètre carré et croître l'allongement de 1,56 à 44,4 0/0 est la propriété la plus curieuse de ce métal et constitue jusqu'ici un exemple unique en métallurgie.

Le métal se coule très facilement et sans soufflures, mais il n'obtient sa résistance élevée que par le forgeage. Il n'est pas magnétique et sa résistance électrique est supérieure à celle de tous les métaux et alliages usuels. Il serait très propre à un grand nombre d'applications industrielles pour lesquelles le travail à froid n'est nécessaire, car c'est là à peu près le seul inconvénient qu'il présente. Son emploi est tout indiqué pour les machines agricoles, les roues de wagonnets, fers à cheval, ferrures diverses, etc.

Rapport de M. H. Le Chatelier, sur une **communication de M. Henry relative au ciment de laitier.**

M. Henry a introduit le premier en France et a notablement perfectionné la fabrication du ciment de laitier; cette industrie prend un développement assez considérable

Un point intéressant à signaler est celui ci :

La découverte du ciment de laitier a consisté uniquement à trouver un procédé qui permît de concilier les deux conditions contradictoires de vitrosité et de basicité. En effet, on savait depuis longtemps que les laitiers vitreux seuls jouissent de propriétés pouzzolaniques, et cela d'autant plus qu'ils sont plus basiques; mais, d'autre part, les laitiers trop basiques cristallisent et n'acquièrent pas l'état vitreux.

Le hasard a fait découvrir que la désagrégation par l'eau, qu'on employait par économie, pour éviter les frais de broyage, s'opposait à la cristallisation et donnait aux laitiers même très basiques l'état vitreux et par suite les propriétés pouzzolaniques recherchées.

La granulation a d'ailleurs autre chose qu'une influence purement mécanique; elle produit une modification moléculaire qui augmente l'affinité chimique du laitier. On en a un exemple bien connu dans les changements d'état du phosphore.

Notice sur la vie et les travaux de M. Édouard Phillips, membre honoraire de la Société d'Encouragement, par M. Ed. Collignon, secrétaire du conseil.

Discours prononcés à l'érection de la statue de J.-B. Dumas, à Alais, par MM. Pasteur, Armand Gautier et Haton de la Goupillière.

Unités adoptées en mécanique et électricité dans le congrès de 1889.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

DÉCEMBRE 1889

[illegible] **Principes de tarification et d'exploitation** du [illegible], par M. René Tavernier, Ingénieur des Ponts et Chaus-[illegible]

[illegible] dans un premier travail intitulé : *Exploitation lo-[illegible] grandes Compagnies* (voir Chronique de juin 1888, p. 805), que [illegible] des transports à courte distance était surtout considérable [illegible] *voyageurs*. Son but est, dans cette note, d'étudier de plus [illegible] et de rechercher si elle ne comporte pas, tout aussi [illegible] marchandise, des principes de tarification et des [illegible].

M. Tavernier rappelle que toutes les idées émises au sujet de la tari-[illegible] exploitations monopolisées en général, peuvent se rattacher [illegible] de vue :

1° [illegible] le vue égalitaire ou uniformisateur;

2° [illegible] de la proportionnalité des taxes au prix de revient;

3° [illegible] de la proportionnalité des taxes à la valeur du service [illegible].

[illegible] principe qui a été condensé par M. Solacroup dans [illegible] que l'auteur croit applicable également au service [illegible] « En matière de tarification de transports, il n'y a qu'une [illegible] rationnelle, c'est de demander à la marchandise tout ce [illegible] payer, tout autre principe est arbitraire. »

[illegible] de départ de tarification ci-dessus sont examinés en [illegible] de l'égalisation des taxes est absolument contraire à [illegible] Proudhon a eu raison de s'élever, dès l'origine des che-[illegible] « l'inégalité choquante, immorale, créée entre les [illegible] d'un tarif uniforme. » Le principe de la propor-[illegible] la taxe au prix de revient est rationnel, mais on se heurte [illegible] presque absolue, celle de trouver ce prix de revient [illegible].

[illegible] de la proportionnalité au service rendu au client a été [illegible] Dupuit en 1844 et 1849. Il est simple et séduisant, mais [illegible] appliquer sont délicats et multiples.

[illegible] fait ensuite l'examen critique des principes des tarifs [illegible] voyageurs, dont il existe une grande variété : tarifs ordinaires [illegible], places de luxe, trains de plaisir, billets d'aller et [illegible] circulaires, etc., lesquels amènent des différences [illegible] entre les prix extrêmes. Pour n'en citer qu'un [illegible] de Lyon à Paris, 20,5 c en train de luxe; et 1,4 c dans [illegible] organisés pour l'Exposition.

[illegible] de cet examen est que la nécessité de réformes [illegible] dans l'exploitation des chemins de fer et que la [illegible] des tarifs constitue, pour les voyageurs aussi bien

que pour les marchandises, la principale cause de leur fécondité. Les chemins de fer peuvent emprunter utilement à une industrie qui a donné un exemple remarquable des avantages de la concentration, les grands magasins, leur rouage indispensable, le chef de rayon, sous la forme d'un chef d'exploitation locale qui, syndicant et groupant les efforts indépendants, drainera tout le trafic d'un champ commercial suffisamment restreint, mieux que ne pourrait le faire une direction unique et lointaine, et sera constamment poussé par la nécessité et l'intérêt dans la voie du progrès.

Note sur les **chemins de fer départementaux**, par M. Noblemaire, ingénieur en chef des Mines, directeur de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.

Il n'y a pas à discuter la nécessité des chemins de fer départementaux et la convenance de proportionner l'importance de l'outil à celle du trafic à desservir, c'est-à-dire l'utilité de la voie de 1 *m* et même de celle de 0,60 *m*.

Au sujet de cette dernière, l'auteur cite, outre l'exemple du chemin de fer Decauville de l'Exposition qui, en six mois, a transporté plus de six millions de voyageurs, le chemin de fer si connu du Festiniog et celui de Darjeeling dans l'Inde anglaise (voir *Chronique* d'octobre 1887, page 319).

La nécessité des petites compagnies n'est pas moins évidente. Les petits chemins de fer aux petites compagnies. Il n'y a en réalité aucune cause d'antagonisme de la part des grandes compagnies qui ne sauraient marchander dans bien des cas leur concours aux petites.

Mais le mode de constitution de ces dernières laisse souvent à désirer, et il serait à souhaiter que les sacrifices que s'imposent les départements et l'Etat fussent toujours employés avec le meilleur résultat possible.

Le mémoire qui nous occupe peut se résumer par les quatre principes suivants :

1° Les chemins de fer départementaux doivent être construits par les départements et à leurs frais ;

2° L'exploitation doit être confiée par eux à un fermier, propriétaire de son matériel roulant et choisi, autant que possible, de gré à gré, plutôt que déterminé par les hasards d'une adjudication qui, en tout cas, ne saurait, sans inconvénients, être publique. Le traité ne peut être basé que sur le partage du bénéfice net de l'exploitation entre le département et l'entrepreneur ;

3° La largeur de la voie doit être en raison de l'importance et surtout de la nature du trafic en vue duquel le chemin de fer est construit ;

4° Sans être une panacée propre à conjurer tous les inconvénients et les dangers dont l'expérience a déjà démontré la réalité, les idées qui précèdent seraient un frein contre le péril de courir les aventures et contre certains entrainements auxquels les départements n'ont pas toujours résisté.

Le mémoire est accompagné de trois documents qui résument les considérations qui y sont développées :

1° P... et de convention entre le département et la Compagnie P.-L.-M., ... de faciliter au département la construction et l'exploi-... de chemins de fer départementaux ;

2° P... traité entre le département et la société d'exploitation ;

3° P... de loi sanctionnant les convention et traité ci-dessus.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Sud-Est.

Séance du 10 novembre 1889.

... de M. de Placa sur **l'application de l'électricité à l'éclairage des mines.**

... des divers essais faits aux mines de Rochebelle pour lesquelles ... électrique présentait un intérêt particulier, non ... de vue du grisou qui n'y existe pas, mais à celui de l'acide ... dont le dégagement brusque éteint les lampes et amène des ... très graves, comme on en a eu un fâcheux exemple en août 1886.

... à éviter cet inconvénient de diverses manières : 1° éclai... par lampes fixes à huile alimentées par des conduites d'air com... 2° éclairage électrique par fils et dynamos placés à l'extérieur ; ... par lampes électriques portatives.

... des lampes fixes à huile alimentées par les conduites d'air com... existant déjà dans les mines pour divers usages se poursuit actuel...

... électrique par lampes fixes exige une dépense assez élevée. ... 240 lampes à incandescence avec dynamo de 75 volts et 240 am... faut compter avec le moteur, mais sans les chaudières, une ... environ 25,000 *f*.

... ars, on ne peut songer à employer les lampes fixes dans les chan... et la solution n'est que partielle.

... ant aux lampes électriques portatives, on a aujourd'hui plusieurs ... qui semblent indiquer que le problème de la durée de l'éclai... appareils est résolu d'une manière satisfaisante.

... essayé, à Rochebelle, la lampe *Schanschieff*, dont il y a trois

1° ... lampe dite *réversible* donnant de 14 à 12 heures de lumière ... de 1 1/2 à 2 bougies environ ;

2° Une lampe *recouverte en bois*, à éléments plongeants, dont la durée ... à 10 heures, avec une intensité lumineuse qui ne paraît pas ... 1 à 1 1/2 bougies ;

3° ... lampe dite *du Génie* qui doit durer plus de 12 heures.

... première paraît être celle qui présente le plus d'avantages, il suffit ... renverser dans un sens ou dans l'autre pour faire paraître ou dis... la lumière. La batterie chargée pèse environ 2 1/2 *kg*.

La seconde lampe se met en action à l'aide d'une tige et d'un écrou qui font plonger les éléments dans le liquide. Elle pèse 2 250 *g*. Elle ne paraît pas jouir d'une étanchéité suffisante, ce qui est un grave inconvénient.

La troisième lampe pèse 3 1/2 *kg;* elle a été faite pour l'éclairage momentané des poudrières et est trop lourde pour le service des mines.

Ces lampes, sans être encore parfaites, représentent un progrès sensible. On peut estimer à 1,25 à 1,50 *f*, le prix de revient de l'éclairage par les lampes portatives Schanschieff par poste de 10 heures, ce qui représente huit à 10 fois le prix de l'éclairage ordinaire des mines. Si ce prix ne pouvait être abaissé, les lampes de ce genre ne sauraient être utilisées que dans des cas particuliers. Il est d'ailleurs à remarquer que, leur emploi ne permettant de reconnaitre ni le grisou, ni l'acide carbonique, il faut nécessairement et simultanément d'autres lampes ou appareils pour constater la présence et la proportion de ces gaz.

Communication de M. de Place sur **l'emploi de l'oxygène dans les premiers secours** à donner aux asphyxiés.

L'emploi de l'oxygène pur en inhalations est très utile dans les premiers secours à donner aux asphyxiés. Dans les postes de secours, à Paris, il existe des récipients à oxygène sous pression.

La Compagnie de l'oxygène à Paris a fourni à la Société de Rochebelle, des récipients portatifs de ce genre, contenant de l'oxygène sous 8 atmosphères de pression, mais on n'a pas encore eu occasion de s'en servir.

Tirage des coups de mines par l'électricité. — M. Murgue expose des expériences qui ont été faites à Bességes pour permettre de se rendre compte des effets de la simultanéité des explosions, au point de vue de la rapidité et de l'économie du travail.

Le tir à l'électricité a donné un avancement par 24 heures de 1,94 *m* au prix de 65,50 *f* par mètre, tandis que le tir à la mèche a donné 2,15 *m* d'avancement au prix de 57 *f* par mètre. Mais, à côté de cette infériorité, le tir à l'électricité présente certains avantages qui ne permettent pas de trancher définitivement la question au point de vue de la balance finale.

Communication de M. Pechiney sur **la régénération des marcs de soude.**

On se préoccupe beaucoup aujourd'hui de la régénération des marcs de soude au point de vue de la récupération du soufre qu'ils contiennent. Dans le procédé Chance, l'hydrogène sulfuré, dégagé par l'insufflation d'acide carbonique dans les marcs de soude liquide, est enrichi par son passage sur du sulfure de sodium frais, puis envoyé sur des grilles à pyrites où il se transforme en acide sulfureux. Ce procédé exige une installation très coûteuse.

Dans le procédé Clos, on fait brûler l'hydrogène de l'acide sulfhydrique, et on recueille le soufre volatilisé avec la vapeur d'eau.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 4 janvier 1890.

[illegible] ation de M. CLERMONT sur **l'utilisation des forces hydrauliques** produites par les travaux d'alimentation en eau de la ville [illegible].

[illegible] que les eaux de pluie tombant dans le seul massif du [illegible] pouvant être amenées à Saint-Étienne, représentent une force [illegible].

[illegible] ation d'eau à Saint-Étienne s'élève actuellement à [illegible] m³ par jour, et une moyenne de 3 à 4 millions de mètres cubes [illegible] lors des grandes pluies. L'utilisation de ce vo[illegible] mettrait de réaliser une puissance continue pendant 12 heures [illegible] chevaux.

[illegible] arriver, on a projeté une distribution d'eau sous pression de [illegible] pouvant actionner de petits moteurs. Ces moteurs [illegible] dont on construit actuellement divers modèles [illegible]. Ces turbines sont à axe horizontal et coûtent de [illegible] pour une force de 1/2 à 1 cheval.

[illegible] compter sur un prix de 1000 *f* par cheval et par an, soit 0,30 [illegible] par jour. Le prix correspondant de la lampe électrique équiva[illegible] serait de 27 *f* par an pour 3 à 4 heures par jour, alors [illegible] actuellement à Saint-Étienne, soit par le gaz, soit par [illegible] 70 à 80 *f*.

La situation houillère à Saarbruck. — Dans la période du [illegible] 1888 au 31 mars 1889, la production des mines royales de Saar[illegible] 6 344 900 *t*, dépassant de 344 614, soit 5,74 0/0 la produc[illegible] précédente. Les livraisons par chemins de fer ont, sur le [illegible] atteint le chiffre de 3 929 000 *t*, en augmentation de 6,58 0/0 [illegible] précédente, et eussent été plus fortes sans la pénurie de wa[illegible] [illegible] dire que sur la production indiquée ci-dessus, 1 1/2 mil[illegible] sont consommées par les mines elles-mêmes ou par les [illegible].

[illegible] ment de l'expédition par chemins de fer est dû, en partie [illegible] modifications des tarifs de transport et à l'ouverture de [illegible] directes. Ces modifications sont relatives aux trans[illegible] vers l'Italie par le Gothard, vers la France, etc., et, à l'intérieur, [illegible] Wurtemberg.

[illegible] transport par canaux a, par contre, diminué dans une proportion [illegible] s'est produite sur la direction du canal du Rhin [illegible]. On l'attribue à la tendance à abandonner la voie d'eau pour [illegible] vers la France, tendance due à la hausse du fret amenée [illegible] cation du passeport imposé depuis juillet 1888 aux bateliers [illegible].

[illegible] duction du coke est toujours en augmentation, et [illegible] ne peut [illegible] suffire à toutes les demandes, les besoins intérieurs de l'Alle[illegible]

magne l'absorbent presque toute entière, et c'est à ce fait qu'il faut attribuer l'énorme réduction de 69 0/0 sur les livraisons en France.

Cette situation s'arrête au 31 mars 1889. Elle s'est modifiée depuis par les grèves survenues dans le milieu de 1889, lesquelles ont amené une diminution assez importante de la production.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *1er Mars 1890.*

Pont de chemin de fer sur le Danube à Steinbach (Passau), par A. Rieppel.

Transmission des tensions dans les corps élastiques, par A. Ritter.

Disposition de sûreté pour les métiers à tisser, par E. Müller.

Inauguration du pont du Forth.

Groupe de Cologne. — Conditions générales pour la fourniture du matériel de mines et d'usines.

Groupe de Saxe. — Réunion de Zwickau. — État actuel de l'éclairage électrique des villes.

Association des chemins de fer. — Chemin de fer à voie étroite de Landquart à Davos. — Chaudières de locomotives sans armatures.

Patentes.

Bibliographie. — Aide-mémoire de l'Ingénieur, édité par la Société la « Hütte ».

Variétés. — École de construction de machines et d'usines de Neustadt (Mecklembourg). — Technicum de Hildburghausen, — Résistance du cuivre et de ses alliages. — Importation et exportation de machines pour l'Union douanière allemande pendant l'année 1888. — Statistique des opérations du bureau des patentes d'invention de l'empire d'Allemagne pendant l'année 1889.

N° 10. — *8 Mars 1890.*

Rapports entre la Géométrie, la Mécanique et la Cinématique, par F. Reuleaux.

Installation de brasserie avec cuisson à la vapeur du maïs et du houblon.

Disposition de sûreté pour les métiers à tisser, par E. Müller *(fin)*.

Table à dessiner perfectionnée, par H. Maihak.

Gustave-Adolphe Hirn.

... de Hesse. — Constitution géologique du bassin de Cassel au ... de vue hydrologique.

Pommern.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur.

Correspondance. — Élévation de la pression dans les machines com-...

Variétés. — Frein électro-magnétique pour chemins de fer. — Colo-... de l'acier. — Le pont sur la Manche. — Prix comparatifs de ...age au gaz et de l'éclairage électrique en Angleterre.

N° 11. — *15 Mars 1890.*

Rapports entre la Géométrie, la Mécanique et la Cinématique, par F. ... (fin).

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. ... (suite).

Transmission des tensions dans les corps élastiques, par A. Ritter ...

Calcul des engrenages hélicoïdaux pour leur application aux machines ... universelles, par E. Holdinghausen.

Association des chemins de fer. — Le chemin de fer de Bosnie et son ...ppement de 1879 à 1889.

Patentes.

Bibliographie. — Élasticité et résistance, par C. Bach.

Variétés. — L'étoile *Mizar* (une des étoiles de la Grande-Ourse). — ... des gaz.

N° 12. — *22 Mars 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. ... (suite).

... technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack ... Busley (suite).

...eurs pour bateaux des Fontinettes et de la Louvière, par Ad. ...

... d'Aix-la-Chapelle. — Travail des excavateurs à sec mus par la ...r. — Cours d'eau dans les montagnes.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de physique générale, par R. Klimpert. — ... chauffeurs, par E. Schlippe.

Variétés. — Planchers en fer. — Influence des courants électriques ... — Emploi du charbon de bois dans les hauts four-... — Tramways électriques à Londres. — Propulseurs à hélice.

N° 13. — *29 Mars 1890.*

Législation des patentes d'invention, par le Dr H. Wedding.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite.)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Expériences sur la résistance des feuilles de papier et d'étain dans deux sens perpendiculaires, par H. Wehage.

Groupe du Rhin inférieur. — Renforcement des voies de chemins de fer. — Cheminées d'usines.

Patentes.

Bibliographie. — Introduction à la géométrie analytique, par le Dr W. Krumme. — La loi allemande sur les patentes d'invention et sa réforme, par W. Weber.

Correspondance. — Changement de marche pour locomotives compound.

Variétés. — Inauguration du pont du Forth. — Mesure de la vitesse du vent au haut de la tour Eiffel. — Décisions juridiques relatives aux patentes d'invention.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 7136-4-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1890

N° 4

[illegible]aire des séances du mois d'avril 1890 :

[illegible] *des matériaux. Essai de méthode élémentaire commune aux* [illegible] *et aux ponts articulés*, par M. N. de Telesco; lettre de M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 11 avril, page 354).

[illegible], par M. M. Demoulin, lettre de M. J. Pillet (Séance du [illegible], page 355).

Erratum au procès-verbal du 21 mars (Séance du 11 avril, page 355).

[illegible] de MM. D. Banderali, J. Marland, E. Péligot, L. Courras, Ph. [illegible] et E. Plainemaison (Séances des 11 et 25 avril, pages 355 [illegible]).

[illegible] (Séances du 11 avril, page 355).

[illegible] *des Sociétés savantes. Délégués de la Société au* (Séances des [illegible] 25 avril, pages 356 et 372).

[illegible] de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séances des [illegible] 25 avril, pages 356 et 357).

[illegible] *membres. Recrutement des* [illegible] (Séance du 11 avril, page 356).

[illegible] *des Ingénieurs étrangers* (Lettres de remerciements) (Séance [illegible] 11 avril, pages 356 et 357).

[illegible] de MM. V. Contamin et G. Eiffel comme membres hon[illegible] de la Société Impériale Polytechnique de Russie (Séance du [illegible] avril, page 357).

11° *La Science des comptes mise à la portée de tous*, traité de comptabilité domestique, commerciale, industrielle, financière et agricole (Don de l'ouvrage de M. Léautey sur) (Séance du 11 avril, page 358).

12° *Pont à arches surbaissées en béton aggloméré*, par M. E. Coignet (Séance du 11 avril, page 358).

13° *Calcul graphique et mécanique*, par M. R. Arnoux, et lettre de M. de Gennes (Séances des 11 et 25 avril, pages 361 et 373).

14° *Membre correspondant (Lettre d'acceptation de)* (Séance du 25 avril, page 373).

15° *Estuaire de la Seine*, lettre de M. J. de Coëne (Séance du 25 avril, page 373).

16° *Legs* Adolphe Meyer (Séance du 25 avril, page 373).

17° *Éclairage électrique actuel dans différents pays. Comparaison de son prix de revient avec celui du gaz* (Note de M. Couture sur *(L')*, analyse par M. G. Cerbelaud (Séance du 25 avril, page 373).

18° *Traités de commerce et leur renouvellement*, par M. Émile Bert (Discussion sur les), par MM. J. Fleury, Cornuault, Euverte et Gassaud (Séance du 25 avril, page 374).

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

31524 — De M. W. Jackson. *Twenty-Tird Annual Report of the City Engineer for the year 1889*. In-8° de 126 p. Boston, Rockwell et Churchill, 1890.

31525 — De la *Société académique d'architecture de Lyon. Programme du Concours publié pour l'année 1890*. Grand in-8° de 12 p. Lyon. Mougin-Rusand, 1890.

31526 — *Série des prix applicables aux travaux du bâtiment exécutés pour le compte des particuliers dans la ville de Paris*. Grand in-4° de 1226 p. Paris, Chaix, 1890, 4e édition.

31527 — De la *Chambre de commerce de Saint-Etienne. Réponse au questionnaire du Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie*. Grand in-8° de 80 p. Saint-Étienne, Théolier, 1890.

31528 — Du Smithsonian Institute. *Seventh Annual Report United States Geological Survey to the Secretary of the Interior*. Grand in-8° de 656 p., 1885-1886. Washington, Government Printing Office, 1888.

31529 — De M. B. Merzbach. *Les Sociétés minières*. In-8° de 143 p. Paris, Meyer et Cie, 1890 (2 exempl.).

31530 — De M. Ch. Chancerel (M. de la S.). *Oïdapa Grammaire française oïdapique*. In-8° de 96 p. autog. Paris, Raimon et Roudhloff 1880.

31531 — De M. E. Lemoine. *De la mesure de la simplicité dans les sciences mathématiques*. In-8° de 20 p. Paris, Chaix, 1888.

31532 — Du même. *De la mesure de la simplicité dans les constructions mécaniques*. In-8° de 9 p. Gand, Ad. Hoste, 1888.

— De MM. R. Jeffords. *The Goodfellow and Cushman light weight high Capacity Tubular frame freight Cars*. In-8° de 36 p. Middlesbrough, 1890.

— Du Comité central des houillères de France. *La mobilisation et les houillères*, par H. Couriot. Grand in-8° de 28 p. Paris, Ch. Leroy, 1890.

— De M. Firmin Leclerc. *Almanach-annuaire de l'électricité et de l'électrochimie*. In-12 de 287 p. Paris, Firmin Leclerc, 1890.

— De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Table des matières contenues dans les publications de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers, 1846 à 1888*. In-8° de 109 p. Paris, Chaix, 1888.

— De M. S. Pichault (M. de la S.). *Nouveau système de ponts et charpentes métalliques*. In-8° de 32 p. avec pl. Liège, A. Desoer, 1887.

— Du même. *Dianomégraphe. Appareils de distribution par tiroirs*. Texte in-8° de 400 p. et atlas in-8° ital. de 75 pl. Paris, E. Bernard, 1890.

— De M. Dwelshauvers-Dery (M. de la S.). *Les machines à vapeur et leurs progrès*. (Revue des sciences pures et appliquées), in-4° de 8 p. Paris, O. Doin, 1890.

— De M. Ch. Walrand (M. de la S.). *Production économique du gaz à l'eau pour le chauffage des appareils de la métallurgie et de la verrerie*. In-12 de 8 p. avec pl. Saint-Dizier, Henriot et Godard, 1890.

— De M. C. Bouscaren (M. de la S.). *General Specification of Railway Bridges and Viaducts of Iron and Steel*. In-8° de 8 p. Cincinnati, 1890.

— De M. Lecœuvre (M. de la S.). *Exposition universelle de 1878. Galerie des machines. Supports de la transmission*. 4 dessins autog. Paris, Broise et Courtier, 1878.

— De la Secretaria de Fomento. *Boletin de la Exposicion Mexicana en la Internacional de Paris*. 20 br. in-8°. Mexico, 1888.

— De M. L. Vojacek (M. de la S.). *Méthode et appareils de chauffage par fumée perdue*. 1 notice manus. et 7 dessins autog.

— Du même. *Dessin d'une lampe électrique différentielle*.

— De M. Bazaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite. *Accident du 8 mai 1842. Considérations techniques*, par J. Petiet. In-4° de 106 p. avec annexes. Paris, L. Mathias, 1842.

Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders de Venlo n° 3*.

— *Le Panthéon des exposants français. Exposition universelle de 1889*. In-8° de 621 p. Paris, E. Dentu, 1890.

— De M. F. Moreaux. *Études diverses concernant la navigation sur le Rhône, en mer et dans les canaux*. In-f° autog. de 71 p. avec pl. Paris, Baudry, 1890.

31554 — De M. Ch. Ledoux. *L'organisation du travail dans les mines, et particulièrement dans les houillères, tant en France qu'à l'étranger*. Grand in-8° de 64 p. Paris, Chaix, 1890.

31555 — Du *Chemin de fer Grand Central Belge. Direction de la Traction et du Matériel. Compte rendu de l'exercice 1889*. In-4° de 58 p. Bruxelles, 1890.

31556 — De M. R. Doux (M. de la S.). *La question des chemins de fer d'intérêt local en France*. In-8° de 24 p. Paris, J. Michelet, 1890.

31557 — Du Government of Bengal. *Revenue Report of the Public Works Department Irrigation Branch Bengal for the year 1888-1889*. In-4° de 81 p. Calcutta, 1890.

31558 — Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Instructions du Comité des Travaux historiques et scientifiques. Littérature latine et histoire du moyen âge*, par L. Delisle. In-8° de 116 p. Paris, E. Leroux.

31559 — De M. H. Mathieu (M. de la S.). *Eugène Flachat, 1851-1853*. In-4° manuscrit de 33 p. Paris, 1873.

31560 — De M. H. Farjas. *Les inventions nouvelles*. 19 fascicules formant les deux premières années 1888 et 1889. Paris, Alcan-Lévy.

31561 — De M. E. Léautey. *La Science des comptes mise à la portée de tous*, par MM. E. Léautey et A. Guilbault. Grand in-8° de 186 p. Paris, Librairie comptable et administrative, 1890, 4ᵉ édition.

31562 — De M. Brard (M. de la S.). *Compañia de los Ferro-Carriles Andaluces-Minas de Belmez y Espiel. Memoria para la Exposicion universal de Barcelona*. (In-4 de 16 pages.) Malaga, 1888.

31563 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Détermination et emploi des lignes d'influence des tensions élastiques dans les arcs pleins et les arcs réticulaires articulés aux naissances*. (In-8 de 21 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

31564 — De M. A. Gibon (M. de la S.). *Les accidents du travail et L'industrie*. (In-4 de 250 pages.) Paris, Guillaumin et Cᶦᵉ, 1890.

31565 — De M. Flavien (M. de la S.). *L'Industrie textile*, années 1886, 1887, 1888 et 1889. Paris, Quantin.

31566 — De M. F. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). *Matériel et procédés de l'Exploitation des mines à l'Exposition universelle de 1889*. (Grand in-8 de 110 pages avec atlas de 48 planches.) Paris, Bernard et Cᶦᵉ, 1890.

31567 — De M. R. Gentilini (M. de la S.). *Les manufactures de glaces de la Société anonyme des manufactures de glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny, et Cirey à l'Exposition universelle de 1889*. (In-8 de 31 pages avec pl.) Paris, *Génie civil* 1890.

31568 — Du même. *Les manufactures de produits chimiques de la Société anonyme des manufactures de glaces et produits chimiques de*

Saint-Gobain, Chauny et Cirey à l'Exposition universelle de 1889. (In-8 de 31 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

[illegible] — Du même. *Notice sur la Société générale des téléphones.* (Grand in-8 de 28 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

[illegible] — De M. Em. Thomas (M. de la S.). *Ponts à tubes de fer ou d'acier démontables et transformables en piles (Notice sur des).* (Grand in-8 de 9 pages avec planches.) Fourmies, V. Rachy, 1889.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

[illegible] — De MM. Lencauchez et Durant (M. de la S.). *La production et l'emploi de la vapeur considérée comme force motrice principalement dans les locomotives.*

[illegible] — De M. Appert (M. de la S.). *Les défauts du verre et les moyens d'y remédier.*

[illegible] — De M. Coiseau (M. de la S.). *Le Pont du Forth.*

[illegible] — De M. Perreau (M. de la S.). *Notice sur les effets hygiéniques d'une ventilation d'atelier de tissage.*

[illegible] — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Perfectionnement des méthodes graphiques de calcul des arcs métalliques.*

[illegible] — De M. E. Decazes (M. de la S.). *Note sur la répartition des efforts dans les poutres chargées.*

[illegible] — De M. E. Coignet (M. de la S.). *Projet de pont à arches surbaissées, en béton aggloméré.*

[illegible] — De M. V. Contamin (M. de la S.). *Discours prononcé aux obsèques de M. Banderali.*

[illegible] De M. Aug. Moreau (M. de la S.). Traduction d'un ouvrage de M. Ad. de Baretta (M. de la S.) sur *Les avantages de la voie étroite.*

[illegible] — De M. Delaurier. *Système général de moteur dit moulin universel horizontal.*

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril sont :

Comme membres sociétaires :

MM. [illegible], présenté par MM. Durupt, Dulau et Buchetti.
[illegible], — Périssé, de Nansouty et Simon.
Noel, — Cluysenaer, Ruhle von Lilienstern Ter Meulen et Post.
[illegible], — Polonceau, Durant et de Fontenay.
[illegible], — Rey, E. Vallot et H. Vallot.
[illegible], — Gruner, Douillet et Costey.

Comme membres associés :

MM. [illegible], présenté par MM. E. Bert, Bertrand de Fontviolant et H. Vallot.
[illegible], — Carimantrand, Lévy et Mallet.
Savalle, — Charton, Contamin et Eiffel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1890

Séance du 11 avril 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. Bertrand de Fontviolant, à propos du procès-verbal de la précédente séance :

Paris, le 11 avril 1890.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Dans le résumé de la communication de M. de Tédesco, inséré au procès-verbal de la dernière séance, il est dit que « *la recherche des formules relatives aux déformations des poutres articulées n'est faite dans aucun traité, au moins dans les cas complexes* ».

Cette affirmation n'est pas exacte.

La question dont il s'agit a été traitée, avec tous les développements qu'elle comporte, par M. Maurice Lévy, dans son grand ouvrage sur la Statique graphique (IVe partie, page 117 et suivantes). Ce savant y a donné des formules d'une entière généralité qui conviennent à tous les cas, mêmes les plus complexes.

Ces formules renferment, comme cas particulier, celles relatives aux poutres droites Warren, qui font l'objet de la communication de M. de Tédesco.

D'autre part, dans un Mémoire sur les déformations élastiques, qui a eu l'honneur d'être publié dans le Bulletin de notre Société, sont données d'autres formules générales exprimant les déplacements élastiques des constructions composées de barres droites ou courbes, assemblées ou articulées entre elles (Bulletin d'août 1888). Dans ce même Mémoire (Bulletin de mars 1889, page 372), est exposée une méthode graphique de détermination des déplacements des systèmes articulés formés de barres rectilignes.

Enfin, l'accord signalé dans la communication de M. de Tédesco, entre les formules relatives aux pièces pleines et celles relatives aux poutres articulées, a déjà été établi dans le Traité de M. Maurice Lévy

.\' partie, page 181), non seulement pour les poutres droites, mais ... pour les poutres courbes.

... indications sommaires suffisent à montrer que, loin d'avoir été ..., la théorie de l'élasticité des poutres articulées est aujourd'hui ... aussi avancée que celle des poutres pleines. Elle a même pris place, ... plusieurs années, dans l'enseignement de la mécanique à l'École ...

... et autres...

M. ... Tresca tient à déclarer qu'il n'a pas eu connaissance des mé... qui ont traité cette question qu'il a étudiée de son côté.

M. le Président ne pouvait pas laisser sans réponse l'assertion de M. Tresca, auquel il renouvelle les remerciements de la Société pour le ... lequel il a étudié une question dont l'importance avait frappé plusieurs ingénieurs et savants de grand mérite.

M. le Président donne également, à propos du procès-verbal de la pré... séance, lecture d'une lettre de M. J. Pillet, ingénieur des Arts Manufactures, qui exprime la pensée que les accidents signalés par ... à la plaque de tête du faisceau tubulaire des torpilleurs ... être attribués, au moins partiellement, à la présence, au milieu de ... de l'huile minérale employée pour le graissage des machines ... dans l'eau de condensation.

M. le Président signale dans le procès-verbal de la séance du 21 mars, erratum, page 121, cinquième ligne : au lieu de figure 2 et 3, lire ... 3 et 4.

... dans le Bulletin de mars 1880, à la page 237, au premier ..., lire Barrouin au lieu de Bonnin.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de deux membres de la Société.

... M. D. Banderali, jeune encore, quoiqu'il fût membre de la Société depuis 1853, avait su conquérir la sympathie et l'amitié de tous ... collègues par son extrême affabilité et par l'empressement avec lequel ... mettait au service de tous ceux qui recouraient à lui.

M. Banderali n'était pas seulement bienveillant et affectueux; il était, ... même temps, l'un des ingénieurs les plus distingués de nos grandes compagnies de chemins de fer, et M. le Président a pensé être l'inter... de la Société en allant sur sa tombe joindre l'expression des regrets ... Société à celle des éminents représentants de la Compagnie du ... Son discours sera publié dans le Bulletin.

... autre collègue que nous venons de perdre a été l'un des vétérans de ... métallurgie dans le centre de la France. M. J. Marland, notre collègue ... vingt-quatre ans, est décédé à Aubenas, à l'âge de soixante-douze ... Il avait quitté la vie active depuis quelques années, mais il avait eu, ... son temps, une grande réputation comme constructeur de forges. ... ateliers de nos grandes forges ont été créés et outillés par lui.

M. Marland laisse derrière lui des regrets très vifs, et la Société tient à ... à son frère et à sa sœur la part qu'elle prend à leur douleur.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations suivantes, ... à plusieurs de nos collègues : M. Doat, comme commandeur

de l'ordre du Christ du Portugal, et M. H. de Baère comme chevalier de l'ordre de la Conception de Villa Viçosa.

M. le Président annonce que le Comité, en réponse à la demande de M. le Ministre de l'Instruction publique, a délégué, pour représenter la Société au Congrès des Sociétés savantes, MM. S. Périssé et E. Gruner. M. Gruner présentera un exposé de la situation actuelle des lois sociales en Allemagne et de leurs résultats.

M. le Président exprime le désir que d'autres de nos collègues puissent se joindre à cette délégation pour y traiter quelque autre question.

M. le Président est heureux d'annoncer que plusieurs collègues continuent à abandonner leurs titres de l'emprunt de 75 000 *f;* ce sont MM. Gabriel Boutmy (2 bons), Auguste Lemoine (2 bons), et Gaune (1 bon).

M. le Président fait remarquer qu'il n'y a aujourd'hui qu'une seule demande d'admission pour combler les vides cruels que la mort fait au sein de la Société. Il serait donc à désirer que chacun se préoccupe de lui amener de nouveaux adhérents, d'y faire entrer le plus grand nombre possible des Ingénieurs distingués qui se tiennent encore à l'écart et pourraient trouver un certain profit à participer à nos travaux.

M. le Président rappelle que la Société a envoyé à tous les Ingénieurs étrangers qu'elle a eu l'honneur et le plaisir de recevoir l'année passée, le compte rendu de la réception qui leur avait été faite.

Plusieurs des Présidents de ces Sociétés ont déjà adressé à la Société des lettres de remerciement pleines de cordialité, insistant sur l'estime qu'ils ont pour notre Société.

Il y a peu de semaines, M. le Président avait le plaisir de porter à la connaissance de la Société les témoignages d'affection que lui avaient donnés les Ingénieurs espagnols; il est heureux aujourd'hui d'apporter à la séance un témoignage aussi touchant, aussi cordial, de la part des Ingénieurs russes. Il y a quelques jours, ils nous adressaient la dépêche suivante :

« Les Membres de la Société Impériale Polytechnique de Russie, réunis en première séance générale, remercient la Société des Ingénieurs civils de leur réception fraternelle de l'été passé et se font un honneur d'élire à l'unanimité le président Contamin et l'ancien président Eiffel au nombre de ses membres honoraires.

» *Le Secrétaire,*
» Sreznevsky.

» *Le vice-président,*
» Ghercevanoff. »

Cette dépêche a été suivie d'une lettre conçue en ces termes :

Monsieur le Président,

Avant-hier, le 10/22 mars, avait lieu la première assemblée générale des membres de la Société Impériale Polytechnique de Russie pour l'année académique courante, 1889-90, et ce n'est que ce jour-là que j'ai pu faire ma conférence sur la réception splendide et cordiale qui nous a été offerte par nos collègues français. Je me suis permis de retracer en quelques paroles la gloire de ces deux hommes éminents, dont les œu-

… ont fait le succès de l'Exposition et qui se trouvent à la tête des Ingénieurs civils français.

L'Assemblée générale, désirant rendre hommage aux mérites et … de ces deux Ingénieurs français, ainsi qu'à leur qualité de Président … ancien d'une Société fraternelle et profondément sympathique …, a proclamé, séance tenante et à l'unanimité des voix, MM. Victor … et Gustave Eiffel membres honoraires de la Société Impériale Polytechnique de Russie.

Je me trouve très heureux d'avoir été l'initiateur de ce vote mérité, … un nouveau lien entre deux nations déjà foncièrement …, d'autant plus que ce lien est noué par le génie civil.

… l'Assemblée a voté par acclamation sa reconnaissance profonde à MM. les Membres de la Société des Ingénieurs civils, ainsi qu'à … général de la Société M. A. de Dax, pour la peine qu'ils se sont … pour nous faire voir les merveilles de l'Exposition de Paris.

Veuillez bien, Monsieur le Président, agréer l'assurance de ma haute considération et de mon estime profonde.

Signé : HERZENSTEIN.

M. le Président annonce que M. Eiffel et lui ont répondu tous deux, en leur nom personnel, à M. Herzenstein pour le charger de transmettre à la Société Impériale Polytechnique de Russie leurs vifs remerciements … l'honneur qui a été fait à notre Société par cette double nomination de membres honoraires. Mais il a tenu à donner lecture publique de cette lettre pour pouvoir transmettre à la Société Impériale Polytechnique les remerciements de notre Société tout entière et lui dire le plaisir que … elle nous a ressenti en entendant exprimer des sentiments aussi flatteurs pour notre Société et si bienveillants pour notre pays. (*Applaudissements*.)

M. Alf. Moreau propose alors de nommer membres honoraires M. le Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie ainsi que M. Herzenstein, en rappelant toutefois que cette proposition doit être … d'abord par le Comité. (*Approbation générale*.)

M. le Président regrette que le règlement ne lui permette pas d'accepter séance tenante la proposition qui vient d'être formulée. Mais il … d'assurer que le Comité s'est considéré comme saisi de cette … et présentera à l'une des prochaines séances une proposition donnant satisfaction au désir d'envoyer à nos collègues russes un souvenir aussi cordial que possible.

M. le Président dépose sur le bureau une série de lettres de remerciements de Sociétés étrangères qui toutes rappellent avec une chaleureuse reconnaissance l'accueil qui leur a été fait. Ce sont : l'Iron and Steel Institute, les Mechanical Engineers de Londres, les Ingénieurs du Hainaut, de Louvain, de Gand, de Bruxelles, l'Institut Royal Néerlandais, et les Ingénieurs de Barcelone. Il applaudit aux résultats heureux qu'on peut attendre des relations nouées par les Ingénieurs français avec les Ingénieurs étrangers pendant l'année écoulée.

Il donne communication enfin de la liste des nombreux ouvrages reçus

depuis la précédente séance, et signale en particulier un ouvrage de M. Léautey, dont la lettre suivante indique fort bien l'objet et le but, et qui répond à un des désirs qu'exprimait M. E. Polonceau dans la séance du 7 février dernier :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» J'ai eu l'honneur d'offrir à votre Bibliothèque un exemplaire de mon livre intitulé : *l'Enseignement commercial et les Écoles de commerce, en France et dans le monde entier*, qui a obtenu une médaille d'or à l'Exposition de 1889.

» Frappé, au cours de l'enquête qu'a nécessitée ce livre, de l'état d'empirisme dans lequel est resté l'enseignement commercial, à une époque de concurrence nationale et internationale comme la nôtre, je me suis mis de nouveau à l'œuvre, avec la collaboration de M. A. Guilbault, ancien Inspecteur des Forges et Chantiers de la Méditerranée, et nous avons publié à la Librairie Comptable, 5, rue Geoffroy-Marie, Paris, un livre intitulé : *la Science des comptes mise à la portée de tous, traité de Comptabilité domestique, commerciale, industrielle, financière et agricole*, dans lequel nous nous sommes efforcés d'élever la comptabilité à la hauteur d'une science exacte, afin, notamment, qu'elle pût être comprise dans le programme des Ecoles d'arts et métiers et des Écoles d'ingénieurs. Je suis heureux d'en offrir un exemplaire à la Société.

» Outre les règles d'ordre comptable, cet ouvrage expose : 1° les moyens de déterminer les prix de revient exacts des marchandises ou matières quelconques échangées, transformées ou produites ; 2° d'organiser le contrôle rigoureux des existants en caisse, en portefeuille, en magasin, en ateliers, en chantiers ou en greniers ; 3° d'établir la situation effective des valeurs mouvementées et conséquemment la *permanence* de leur inventaire dans les comptes ; 4° de renseigner les entreprises d'une manière *constante* sur les résultats de leurs opérations ; 5° enfin, d'obtenir un bilan clair, exact et rationnel de leur actif et de leur passif par une bonne classification des comptes.

» Veuillez agréer... »

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Edmond Coignet pour sa communication sur un *Pont à arches surbaissées en béton aggloméré*.

M. EDMOND COIGNET rappelle que, le 11 mars 1889, le Département de la Seine mit au concours la construction d'un pont à établir sur la Seine, entre Ivry et Charenton. Les conditions du programme prévoyaient un pont à trois arches, de 165 *m* d'ouverture, ayant une largeur de 12 *m*, et ne présentant aucune déclivité de plus de 15 *mm* dans la longueur de l'ouvrage; la hauteur libre, au-dessus du plan horizontal de la cote 30,40 *m*, devait être de 6 *m* sous l'arche centrale et 5,25 *m* sous les autres arches.

Les pressions maxima à la base des piles ne devaient pas dépasser 6 *kg* par centimètre carré.

Le pont devait supporter quatre conduites d'eau de 85 *cm* de diamètre.

C'est ce programme que M. Coignet s'est proposé de remplir en construisant un pont à trois arches en béton aggloméré.

M. COIGNET étudie tout d'abord les conditions dans lesquelles se trou-

les principaux travaux exécutés par François Coignet, et rappelle la faveur qu'accordait Belgrand à ce type de construction. Il remarque que les ponts supports du Loing et de l'Yonne, avec leurs arches biaises de 40 m, sont encore intacts, et pourtant l'arche biaise de Pont-sur-Yonne n'a que 1,10 m d'épaisseur à la clef, avec un surbaissement de 1/7 environ.

Il cite les accidents qui se sont produits à certaines arcades de la forêt de Fontainebleau, pour l'aqueduc de la Vanne : il montre que les fissures longitudinales sont dues à l'échauffement de la calotte, en été, alors que la cuvette était maintenue à température constante par le courant d'eau (11 à 13° centigrades), et qu'il a suffi de combattre cet échauffement par un garnissage en terre de la calotte pour éviter la reproduction de l'accident et que les ruptures transversales sont dues au refroidissement, en hiver, du radier, alors que les parois étaient échauffées par l'air.

L'homogénéité de la masse, quand il s'agit de construction présentant une grande longueur, a donc pour conséquence nécessaire des fissures, si des mesures ne sont pas prises pour éviter les variations irrégulières de température des différentes parties, et cela quelle que soit la nature de la maçonnerie ; mais l'exemple de la grande arche de Pont-sur-Yonne, qui est rompue à la clef, lors d'un grand hiver, et dont chaque hiver les deux demi-arches se tiennent en encorbellement, montre que dans ce mode de construction la résistance à l'arrachement de la maçonnerie suffit pour offrir un coefficient considérable de sécurité.

M. Coignet croit donc pouvoir affirmer que les ouvrages en béton aggloméré existants aujourd'hui démontrent que son emploi dans des travaux considérables est entièrement justifié ; il ajoute que dans le cas particulier du pont de Conflans, la nature des matériaux, sable dragué en Seine, chaux de Beffes ou du Scilly, ciment de Portland, de Boulogne ou de Franzey, que l'on obtient facilement, donne toute garantie.

Il signale comme une nouvelle et puissante cause de sécurité les perfectionnements réalisés depuis quelques années dans les appareils servant à la préparation mécanique de la pâte et qui fractionnent les opérations, mélange à sec du sable avec les chaux et ciments, mouillage continu, malaxage de la pâte humide.

Après cet aperçu des garanties que présente à ses yeux un pareil travail, M. Coignet décrit en détail le profil adopté et passe successivement en revue le profil en long, le profil en travers, les détails des piles et des culées, ainsi que l'ornementation proposée en vue de cacher à la vue les gros tuyaux de conduite d'eau dont la place devait être réservée à l'intérieur du pont.

Il montre qu'il a calculé avec grand soin tous les éléments du projet, et, à cette occasion, il entre dans quelques développements sur la méthode de calcul qu'il a employée et qui est celle de M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Elle s'applique aux voûtes en maçonnerie à arches multiples en les considérant comme des poutres continues et en cherchant à leur donner la forme d'égale résistance pour une surcharge donnée. Cette méthode de calcul a été exposée dans ses détails, par

M. Tourtay, dans la *Revue générale d'Architecture et Travaux publics* de César Daly, en 1886 (43ᵉ volume).

M. Coignet décrit ensuite certains détails du projet : dimensions et mode de construction des caissons; tracé et calcul des cintres, dont la disposition rationnelle devait à la fois donner un passage satisfaisant à la navigation, une grande sécurité et de notables économies.

La composition des matériaux employés aurait été :

Béton aggloméré N° 0. R = 225 à 275 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux hydraulique	300 *kg*
	Ciment Portland	300 *kg*
Béton aggloméré N° 1. R = 150 à 175 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux hydraulique	250 *kg*
	Ciment Portland	100 *kg*
Béton aggloméré N° 2. = 80 à 100 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux	125 *kg*
	Ciment	50 *kg*
Béton de cailloux.	Cailloux	0,800 m^3
	Sable	0,500 m^3
	Ciment	150 *kg*
Béton de mâchefer	Mâchefer	1 m^3
	Sable	0,500 m^3
	Chaux	150 *kg*

Les résistances indiquées sont celles obtenues au bout de trois mois.

La construction aurait nécessité l'emploi de :

Béton aggloméré N° 0	3 816 m^3	à	50,00 *f*
» » N° 1	748 m^3	à	37,50 *f*
» » N° 2	6 479 m^3	à	25,00 *f*
Béton de cailloux	392 m^3	à	31,24 *f*
Béton de mâchefer	687 m^3	à	18,75 *f*
Total égal	12 112 m^3		

M. Coignet aurait entrepris ce travail pour le prix à forfait de 925 000 *f*, tandis que le projet adopté (pont métallique de la Société des Ponts et Travaux en fer) a pour base le prix de 829 000 *f*.

Le prix de base arrêté par l'administration avait été de 850 000 *f*.

M. Coignet fait remarquer que la Société des Ponts en fer a pu, au printemps 1889, faire ce bas prix, mais qu'elle estime elle-même que la hausse des fers l'obligerait actuellement à majorer son prix d'au moins 70 000 *f*.

L'écart serait donc réduit à environ 25 000 *f*.

Analysant les éléments constitutifs de cette différence, M. Coignet montre que l'exagération de son prix est dû aux fondations, pour lesquelles il a dû adopter une surface d'appui et, par suite, un cube de matériaux et des dimensions de caissons beaucoup plus considérables.

Il croit donc pouvoir affirmer que la différence serait en faveur du pont en béton aggloméré pour le cas d'une construction sur fond solide.

M. Coignet ajoute que, s'il eût été mis à même d'exécuter ce travail.

[illegible] un ouvrage nouveau par sa hardiesse. M. Séjourné a exé-[illegible] arche en maçonnerie de 61 m, avec flèche de 20 m, — c'est le [illegible] plus remarquable exécuté jusqu'à ce jour en maçonnerie, — [illegible] pont de Conflans n'aurait eu que 6.53 m de flèche pour 58 m [illegible] (*Applaudissements.*)[1]

M. le Président remercie M. Coignet pour sa très importante commu-[illegible]. C'est avec un très vif intérêt que la Société a écouté l'exposé de [illegible] hardi que la grande compétence de M. Coignet avait fait prendre [illegible] sérieuse considération. Il regrette que des nécessités financières [illegible] écarter ce projet dont il eût été intéressant de suivre l'exécution.

M. F[illegible] fait observer qu'il ne voit pas apparaître, dans l'exposé qui [illegible] fait de cette méthode, l'influence des surcharges acciden-[illegible] irrégulièrement réparties, qui, suivant les hypothèses, peuvent [illegible] très notablement les courbes d'équilibre.

[illegible] les arches de 60 m de portée, servant exclusivement au roulage [illegible], cette influence, il est vrai, se trouve notablement atténuée; [illegible] n'en est plus de même pour des ouvrages de moindre importance [illegible] passage à des voies ferrées.

[illegible] ce cas, les courbes peuvent osciller dans une surface suffisam-[illegible] appréciable pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte.

M. Coignet répond que la méthode ne prévoit pas ce cas plus complexe.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Arnoux pour sa commu-[illegible] sur le *Calcul graphique et mécanique.*

M. R. Arnoux se propose de passer en revue les procédés et les appa-[illegible] qui s'appliquent plus particulièrement à l'art de l'Ingénieur; il [illegible] spécialement à ceux qui sont peu connus et susceptibles néan-[illegible] de quelque intérêt.

[illegible] les machines à calculer en deux classes : celles qui ne [illegible] servir qu'à additionner et soustraire; celles qui permettent de [illegible] et diviser.

[illegible] croit pas devoir s'arrêter aux machines de la première classe, [illegible] présentent que peu d'intérêt théorique, et passe de suite aux ma-[illegible] de la deuxième classe, parmi lesquelles il cite la règle à calcul, [illegible] logarithmique de M. Lalanne, l'arithmomètre de Thomas de [illegible] et enfin les machines à intégrer et différentier, comme le cône [illegible] plateau à roulette, le planimètre du professeur Amsler-Lafon et l'in-[illegible] intégraphe de M. Abdank.

La *règle à calcul* est si connue et utilisée d'une façon si générale, que M. Arnoux ne croit nécessaire d'en présenter ni la description ni la [illegible].

L'*abaque logarithmique*, inventé en 1843 par M. L. Lalanne, alors Ingé-[illegible], depuis lors Inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre [illegible] Institut et sénateur, est un tableau graphique uniquement composé [illegible] droites convenablement disposées; il est fondé sur le principe [illegible] graduation des coordonnées. Cette graduation est faite propor-[illegible]ment aux logarithmes des variables. La question la plus

simple consiste à trouver le produit z ou le quotient z' de deux nombres x et y; il faut pour cela résoudre les équations $xy = z$, $\frac{y}{x} = z'$. Tandis que la solution graphique directe de la question nécessite le tracé toujours incertain d'hyperboles équilatères, la solution proposée par M. Lalanne, basée sur la propriété des logarithmes, est obtenue avec précision puisqu'il s'agit de lignes droites. Le produit ou le quotient de deux variables se lit à première vue en cherchant le point d'entre-croisement de deux droites rectangulaires; l'abaque permet également de trouver le carré, le cube, la n^e puissance d'un nombre, ou encore d'en extraire la racine carrée, cubique, n^e, etc., et cela par une simple lecture. Il donne tout aussi rapidement le produit des carrés, des cubes, etc., par un paramètre constant, c'est-à-dire les surfaces ou les volumes des cercles et sphères, etc.

Des abaques spéciaux ont été calculés en vue d'applications diverses. calcul du mouvement des terres, des conducteurs électriques, etc.

M. Lalanne a même étendu ce principe à la résolution d'équations de degré supérieur, et a tracé des abaques destinés à donner les solutions des équations numériques jusqu'au 8e degré.

Les *machines à intégrer et à différentier* résolvent un problème plus complexe encore.

Le cône ou plateau à roulette, dont quelques auteurs attribuent l'idée première à Huygens, est le plus ancien dispositif permettant de résoudre ce problème. Il se compose, comme on sait, d'une roulette pouvant se déplacer suivant la génératrice d'un cône ou d'un plateau, de façon que son axe reste constamment parallèle à cette génératrice. Si on fait tourner le plateau, celui-ci communique à la roulette ou galet une vitesse angulaire qui varie en raison composée de celle du plateau et de la distance de son point de contact au centre, raison qu'il est facile de déterminer, si on admet que le galet *roule sans glisser*. Pour cela, il suffit d'exprimer que les deux points en contact ont la même vitesse de déplacement ou, ce qui revient au même, que les arcs élémentaires développés par la roulette et le plateau à la hauteur du point de contact sont égaux. Si donc, on désigne par y le rayon du point de contact du plateau, par $d\alpha$ l'angle dont il tourne, par r le rayon de la roulette et $d\alpha'$ l'angle décrit dans le même temps par celle-ci, on a constamment :

$$y\delta\alpha = rd\alpha' \qquad (1)$$

Si maintenant on intègre cette équation en remarquant que r est une constante, il vient :

$$\int y\, d\alpha = r\alpha'. \qquad (2)$$

Ainsi, on voit que l'intégrale précédente sera *mesurée* par le chemin décrit par un point situé à la périphérie de la roulette et sera proportionnel au nombre de tours effectués par celle-ci.

Mais cette relation très simple suppose qu'il y a *roulement sans glissement*. Or, il est facile de voir qu'il ne peut en être ainsi dans la pratique. Si on observe, en effet, que le plateau est un cône droit dont l'angle d'ouverture est de 180°, et que la roulette, dont l'axe est parallèle au

... du plateau, constitue un cylindre d'une hauteur, très petite il est ... mais non pas nulle, et qui, par conséquent, ne peut toucher *physiquement* le plateau que suivant une zone d'une étendue finie, on voit ... qu'il n'y a qu'une tranche infiniment mince du cylindre ... qui roule réellement sur le plan du plateau. Toutes les autres ... glissent, et cela d'autant plus qu'elles sont plus éloignées du ... de roulement. Les glissements en sens opposés tendent à faire ... la roulette, mais ont surtout pour effet pernicieux de diminuer ... adhérence. Dès lors, si faible que soit l'effort opposé par les rouages ... au mouvement de la roulette, cet effort agissant constamment pendant que ces glissements se produisent, a pour effet immédiat ... retarder son mouvement.

Pour éviter ces glissements, il n'y a qu'un moyen, c'est de faire en ... que l'axe du galet passe constamment par le centre du plateau. ... ce cas, en effet, la génératrice de contact de la roulette appartenant non plus à un cylindre, mais à un cône dont le sommet coïncide ... le centre du plateau, les vitesses de tous les points en contact sont ... égales deux à deux, et aucun glissement ne peut se produire.

Malheureusement, cette condition est pratiquement irréalisable, et empêcherait, d'ailleurs, le galet de rouler sur un cercle inférieur à ... de sa périphérie.

... a proposé bien des solutions pour augmenter l'adhérence de la ..., mais celle qui a fourni à ce point de vue la meilleure solution ... a été imaginée par MM. Richard frères, ingénieurs-construc... Elle consiste à laminer en quelque sorte la roulette entre deux ... tournant en sens inverse avec une même vitesse angulaire; ... disposition permet d'augmenter autant qu'on veut les pressions ... points de contact, sans faire naître des frottements correspondants ... les pivots de la roulette. Malheureusement, cette solution, intéressante à plus d'un point de vue, ne permet pas de supprimer complètement les glissements de la roulette, surtout dans le voisinage du centre ... plateau. Lorsqu'on examine attentivement la surface d'un plateau ... fait un long usage, on constate que cette surface n'est plus plane ... présente la forme d'un cône à génératrice courbe dont le sommet coïncide avec le centre du plateau, indice certain d'un glissement variable ... roulette, surtout vers le centre de celui-ci.

La véritable solution paraît avoir été indiquée par un de nos collègues, M. N.-J. Raffard, dans une communication faite au *Congrès de Mécanique appliquée de 1889*.

M. Raffard, observant avec juste raison que les glissements de la roulette n'acquièrent une valeur réellement importante que lorsque celle-ci ... dans le voisinage du centre du plateau, supprime cette partie ... emploie un dispositif à deux roulettes, dont les axes sont toujours ... dans un plan diamétral perpendiculaire au plateau, et dont les ... sont maintenus à une distance *invariable* à l'aide d'une platine ... sert en même temps de support aux compteurs des deux roulettes.

Il est facile de déterminer la relation d'intégration de ce dispositif. Pour cela, appelons toujours r le rayon commun des deux roulettes, r' et

r'' leurs distances respectives à l'axe du plateau lorsqu'on vient à leur donner un déplacement y suivant un diamètre de celui-ci. Dans ces conditions, on a, en remarquant que le déplacement y est le même pour les deux roulettes en vertu des liaisons,

$$y + r'' = r' - y$$

d'où :

$$y = \frac{r' - r''}{2} \qquad (3)$$

Supposons maintenant qu'on fasse tourner le plateau d'un angle élémentaire $d\alpha$, les rayons de contact des deux roulettes décriront dans le même temps des angles élémentaires respectifs $d\alpha'$ et $d\alpha''$, de sorte que s'il y a *roulement sans glissement*, on a les deux équations :

$$r' d\alpha = r\, d\alpha' \qquad (4)$$
$$r'' d\alpha = r\, d\alpha'' \qquad (5)$$

qui retranchées membre à membre donnent :

$$r' - r'' = \frac{r d\alpha' - r d\alpha''}{d\alpha}$$

ou bien :

$$y\, d\alpha = \frac{r d\alpha' - r\, d\alpha''}{2}.$$

Si maintenant on intègre cette équation en remarquant que r est une constante, il vient :

$$\int y d\alpha = \frac{r\alpha' - r\alpha''}{2}. \qquad (6)$$

Telle est la relation d'intégration avec le dispositif à deux roulettes. On voit qu'ici l'intégrale est mesurée par la *demi-différence* des arcs développés par les deux roulettes et que l'appareil est au zéro lorsque les points de contact des deux roulettes sont situés sur un même diamètre du plateau, ce dont on est assuré lorsque les nombres de tours accusés par les deux compteurs sont égaux à chaque instant.

Ce qui fait surtout la valeur de cette solution, c'est la propriété précieuse qu'elle possède de contrôler elle-même ses indications, qualité qu'on rencontre bien rarement dans les appareils de mesure. Pour determiner comment ce contrôle peut être obtenu, ajoutons membre à membre les équations (4) et (5), il vient :

$$\frac{d\alpha' + d\alpha''}{d\alpha} = \frac{r' + r''}{r}. \qquad (7)$$

La somme $r' + r''$ des distances des centres des roulettes à l'axe du plateau étant constante par construction, il en résulte que le rapport du premier membre est constant comme celui du second. Ainsi donc, on sera assuré qu'il n'y a pas eu glissement des roulettes si le rapport de la somme des tours effectués par celles-ci au nombre de tours effectués par le plateau dans le même temps reste constant et égal au rapport de la distance des plans des roulettes à leur rayon commun.

[illegible] que la disposition imaginée par notre collègue permet [illegible] d'utiliser, pour la mesure, les parties éloignées du centre [illegible] les roulettes fonctionnent d'une façon suffisamment cor[illegible] encore de contrôler et de déterminer ces glissements.

[illegible] à M. Gonella, de Florence, qu'on doit d'avoir donné pour la pre[illegible] en 1825 (Antologia, t. XVIII), une théorie un peu nette du [illegible] à roulette. Le premier appareil d'intégration basé sur ce principe [illegible] en 1827, par l'ingénieur suisse Oppikofer. Un appareil plus [illegible] a été réalisé, en 1837, par Ernst, constructeur d'instruments [illegible] à Paris. Poncelet et le général Morin sont les premiers [illegible]mentateurs qui se soient servis du plateau à roulette pour intégrer [illegible] mécanique. Enfin, M. Ernest Stamm a fait connaître, en 1863, [illegible] remarquable étude intitulée : *Essais sur l'automatique pure* [illegible] 1863), à peu près toutes les applications possibles du [illegible] à roulette à la résolution des équations numériques d'un degré [illegible], des équations transcendantes et à la différentiation automa[illegible] fonctions. C'est dans ce travail, dont on ne saurait trop recom[illegible] la lecture à ceux que les applications possibles du plateau à [illegible] à l'art de l'ingénieur intéressent particulièrement, qu'on trouve [illegible] pour la première fois le principe des nouveaux vélocimètres ima[illegible] en 1863 par M. V.-T. Golden et Sir A. Campbell, en Angleterre, et [illegible], en 1867, par MM. Richard frères, appareils qui réalisent [illegible] la différentiation automatique par rapport au temps de [illegible] d'un angle décrit ou d'un espace parcouru. C'est à M. Stamm [illegible] qu'on doit d'avoir établi pour la première fois que si l'inté[illegible] automatique d'une fonction est une opération qui peut toujours [illegible] mécaniquement en toute rigueur, il n'en est pas de même [illegible] différentiation qui ne peut être généralement obtenue que d'une [illegible] plus ou moins approchée, contrairement à ce qui se passe en analyse.

[illegible] paru nécessaire de s'étendre un peu sur le plateau à roulette, [illegible] c'est actuellement le seul appareil qui permette d'opérer pra[illegible] une intégration continue et pour ainsi dire indéfinie d'une [illegible] physique quelconque. Il n'en est pas de même des deux appa[illegible] d'intégration dont il va être question maintenant.

Planimètre d'Amsler. — Le planimètre à *roulette-sinus*, imaginé en [illegible] par le professeur Amsler-Laffon, de Schaffhouse, et décrit par lui, [illegible] dans une brochure ayant pour titre : *Ueber die mechanische [illegible] des Flächeninhaltes, der statischen Momente und der Trägheits[illegible] ebener Figuren, insbesondere über einen neuen Planimeter von Jakob [illegible]* Schaffhausen, A. Beck und Sohn, 1856, est trop connu pour [illegible] nécessaire de s'y arrêter longuement. Cependant, il n'est pas [illegible] de donner ici une démonstration du principe de l'instrument, [illegible] qui a l'avantage de généraliser et d'étendre les applications [illegible] en montrant que ses indications sont absolument indé[illegible] de la forme de la courbe directrice décrite par une des extré[illegible] la tige porte-style et roulette. Cette démonstration a été donnée, [illegible], par M. Merrifield, professeur à l'École Royale d'Architecture [illegible] en Angleterre ; elle se trouve reproduite dans l'ouvrage anglais

de *Porter* sur l'*Indicateur Richards*. La voici avec quelques légères modifications.

Étant donnée une droite de longueur constante et égale à l, dont une des extrémités décrit le contour de la courbe fermée dont on veut mesurer l'aire, tandis que l'autre décrit une courbe quelconque, mais non fermée, l'aire embrassée par la courbe donnée est égale à :

$$l \times \int_0^0 \sin\theta \, ds,$$

ds étant le chemin élémentaire décrit par le milieu de la droite l.

En effet, tout mouvement élémentaire de cette droite peut être décomposé en deux autres, l'un, dans lequel la droite se déplace parallèlement à elle-même, et l'autre, dans lequel elle effectue un petit mouvement de rotation autour de l'une de ses extrémités. Dans le premier cas, la surface balayée est celle d'un parallélogramme ayant pour surface le produit de la longueur l par celle de la portion de la normale comprise entre les deux positions successives de la droite constante, surface élémentaire qui est visiblement égale à $l \times ds \sin\theta$, θ étant l'angle que fait la trajectoire décrite par le point milieu de la droite l avec la normale en ce point. Dans le second cas, la surface balayée est celle d'un secteur ayant pour surface $l \times ds'$, ds' étant également le chemin décrit par le milieu de la droite l. Ceci posé, la courbe directrice étant une courbe *non fermée*, par hypothèse, circonstance qui oblige l'extrémité de la droite l qui suit cette courbe, à repasser deux fois et en sens inverse, par les mêmes points, on a :

$$\int_0^0 l \, ds' = o.$$

On voit donc que l'aire A embrassée par la courbe donnée se réduit à :

$$A = l \times \int_0^0 \sin\theta \, ds,$$

la notation $\int_0^0$ indiquant que l'intégration s'étend au contour entier de la courbe donnée.

Dès lors, il est clair que, si nous pouvons réaliser un dispositif mécanique qui permette d'enregistrer une *longueur* égale à celle qui est déterminée par l'intégrale précédente, le problème sera résolu. Or l'expérience montre que l'arc élémentaire décrit par une roulette de rayon r, à bord arrondi et *convenablement poli*, est égal à chaque instant au produit du chemin parcouru par le point de contact de la roulette par le sinus de l'angle que fait ce chemin avec le plan de la roulette, c'est-à-dire à $ds \sin\theta$, si le plan de la roulette est perpendiculaire à la droite [1]. On a donc, en désignant par α l'angle décrit par un point situé à la périphérie de la roulette :

$$A = l \int_0^0 \sin\theta \, ds = l \times r\alpha.$$

... la démonstration précédente que la position de la roulette ... la droite l est indifférente.

M. Marcel Deprez a réalisé, en 1871, un planimètre à directrice recti... permettant de déterminer directement les intégrales :

$$\int y\,dx, \qquad \int_0 y^2\,dx, \qquad \int_0 y^3\,dx, \qquad \int_0 y^4\,dx,$$

... conséquent, de faire connaître, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer les transformées au carré, au cube, à la quatrième puissance ... fonction y, le moment statique et le moment d'inertie de ... courbe fermée, ainsi que le volume et le moment d'inertie, ... à la directrice considérée comme axe, du corps de révolution ... engendré en tournant autour de cet axe.

... opérations spéciales du planimètre ont toutes été nettement indi... par le professeur Amsler-Laffon, dans sa remarquable étude pu... 1856 sur son planimètre, et réalisées par lui en 1866 dans un ... destiné à l'École polytechnique de Zurich, et qui a obtenu une ... d'argent à l'Exposition universelle de 1867.

... que la solution de ces différentes questions est très simple... en faisant tourner l'axe de la roulette d'un angle double, ... quadruple de l'angle élémentaire décrit à chaque instant par ... porte-style.

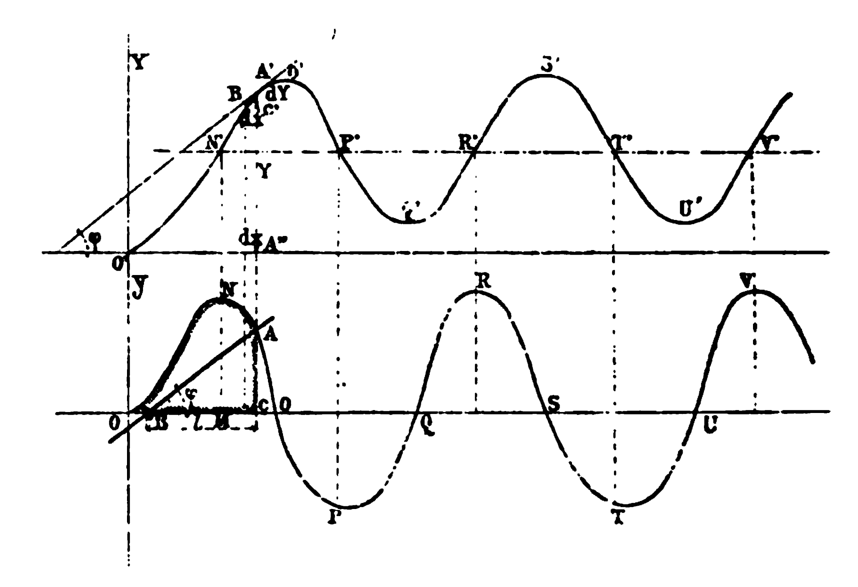
... roulette-sinus pourrait également servir, comme le plateau à rou... à la détermination d'un travail mécanique. Il suffirait, pour cela, ... son point de contact à une distance *constante* du centre d'un ... animé d'un mouvement angulaire proportionnel à celui du mo... faire tourner son plan d'un angle tel que le sinus de cet angle ... proportionnel à l'effort développé. Mais il est facile de voir que l'u... roulette et du plateau serait assez rapide pour en condamner ... dans ce cas spécial.

... le planimètre est muni d'une directrice rectiligne, il peut ... l'intégration d'une courbe quelconque rapportée à un système ... coordonnées rectangulaires; mais il ne peut faire connaître ... résultat *final* de l'opération. Il se présente cependant un très grand ... de cas dans la pratique et, en particulier, en statique graphique, ... extrêmement utile de tracer directement la courbe intégrale ... courbe donnée, c'est-à-dire une courbe dont l'ordonnée soit pro... à chaque instant à l'aire comprise entre la courbe donnée, ... abscisses et deux coordonnées arbitraires.

... solution de ce problème a été résolue pour la première fois à l'aide ... roulette-tangente, par M. Abdank Abakanowicz, qui l'a fait con... dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Cracovie, ... 1880, et dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de ... 21 février et 7 mars 1881.

Intégraphe de M. Abdank Abakanowicz. — Soit N' O' P' Q' R' S' ... la ... intégrale à une échelle donnée d'une courbe quelconque ... P Q R S ..., c'est-à-dire une courbe telle que l'ordonnée A A' = Y

d'un point A′ multipliée par un paramètre constant, fasse connaitre la surface comprise entre la courbe donnée, l'axe O X et l'ordonnee A B.



Traçons la tangente au point A′ de la courbe intégrale et, par le point correspondant A, menons une parallèle A C à cette tangente. Si l'abscisse x des deux courbes s'accroit de dx, l'ordonnée Y s'accroit de dY, et à la limite, quand dx tend vers 0, les triangles A B C et A′ B′ C′ étant semblables, on a :

$$\frac{d\text{Y}}{dx} = \frac{y}{l} = \operatorname{tg} \varphi.$$

si la longueur l est une constante, l'équation précédente intégrée donne :

$$l \times \text{Y} = \int y\, dx + c.$$

la constante c étant égale à l'ordonnée $o\,o'$ à l'origine.

Il résulte de là que si on peut réaliser un dispositif mécanique tel, que le rapport de l'accroissement dY de l'ordonnée du point A′ à celui dx de l'abscisse soit constamment proportionnel à la tangente de l'angle φ, le point A′ décrira la courbe intégrale de la courbe donnée.

Ce problème a été très simplement résolu par l'emploi d'une roulette dont le point de contact peut se déplacer librement le long de l'ordonnée mobile C A′, mais dont le plan est maintenu constamment parallèle à une tige directrice A B glissant entre les mâchoires d'un étrier B et qui est munie au point A d'un style avec lequel on suit le contour de la courbe qu'on veut intégrer. L'intégraphe de M. Abadank Abakanowicz est ba-

... que possède une roulette à bords légèrement tranchants ... uniquement dans son propre plan en obéissant rigoureusement ... de la tangente. De là le nom de *roulette-tangente* qu'on ... à la roulette employée par M. Abdank. On voit que, contrairement à ce qui se passe avec la *roulette-sinus* de M. Amsler, le diamètre ... est indifférent : il pourrait même varier pendant l'opération ... en rien le résultat.

... obtenir un tracé parfaitement net de la courbe intégrale, ... emploie un tire-ligne placé entre deux roulettes parallèles et ... est ainsi toujours maintenue dans la direction de la courbe ...

... applications nombreuses de l'intégraphe on peut citer, en ... le tracé de quelques courbes comme la para... logarithmique, la résolution des équations algébriques ... l'intégration des équations différentielles, la ... des moments statiques et d'inertie des figures planes, celle ... tranchants et des moments fléchissants d'une poutre, le tracé ... la théorie des voûtes, les problèmes de construction ... les problèmes de mouvements de terre dans l'exécution ... routes et des voies ferrées, etc.

M. le Président remercie M. Arnoux du résumé si complet qu'il vient ... de procédés graphiques d'intégrer et de faire les calculs ma...

M. Euverte demande la permission de défendre la règle à calcul.

... à calcul plus commode et plus utile que l'abaque ; il ... doit être propagée beaucoup plus que les tableaux de ... Les tableaux de Lalanne sont connus depuis longtemps ; nous ... entre les mains, il y a une quarantaine d'années, concurremment avec la règle à calcul. Et pourtant ils se sont peu répandus ; ... on ne peut les avoir toujours avec soi, tandis que la ... on peut l'avoir toujours en poche ; elle peut être mise ... d'un enfant sortant d'une école primaire et, en peu de ... l'employer rapidement et avec précision.

... également une autre forme de règle à calcul qu'il ... en Angleterre. Elle est formée de deux disques super... on peut l'avoir toujours dans la poche de son gilet.

M. Vallot confirme la préférence de M. Euverte pour la règle à calcul et appuie son opinion sur d'autres considérations. Il y a des ... tachéométriques pour les remblais et les déblais où on a à faire ... pendant plusieurs heures de suite ; avec l'abaque, les yeux se ... à suivre les lignes obliques, surtout lorsqu'on a à interpoler ... mentalement une ligne fictive entre deux lignes obliques, ... sur sa distance par rapport aux lignes tracées. Il cite, à l'appui ... dire, l'opinion de M. Le Brun, qui a été primé pour sa règle

... *Intégraphe. — Études sur un nouveau système d'intégrateurs mécaniques*, par ... Abdank-Abakanowicz. (Paris, Gauthier-Villars, 1886).

à calcul sur les terrassements ; il a eu occasion de faire souvent cett expérience, et la fatigue des yeux est considérable.

RÉPONSE A QUELQUES OBSERVATIONS

M. Arnoux, en réponse aux observations précédentes, dit qu'en parlant des abaques de M. Lalanne il n'a nullement eu l'intention de dénigrer systématiquement la règle à calcul dont la place sera toujours tout indiquée dans la poche de l'Ingénieur, mais seulement d'appeler de nouveau l'attention sur un appareil de calcul moins coûteux et d'une exécution beaucoup plus simple que la règle à calcul et qui permet dans bien des cas d'effectuer par une simple lecture des calculs qui sont irréa. sables avec la règle comme, par exemple, l'élévation d'un nombre à une puissance fractionnaire quelconque.

M. Ed. Roy fait remarquer que les tableaux de M. Lalanne, relatifs aux calculs de terrassements, ont été faits pour certaines inclinaisons de talus ; tandis que pratiquement les inclinaisons sont constamment variables avec la nature des terres. Il est donc difficile d'employer régulièrement ces tableaux.

M. Arnoux reconnait que l'abaque présente certains inconvénients. Il déclare qu'il fait lui-même un large emploi de la règle à calcul.

M. le Président regrette que l'heure avancée ne permette pas de passer à la question des traités de commerce. Il annonce que cette question sera portée en tête de l'ordre du jour de la prochaine séance.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 25 avril 1890.

Présidence de M. V. Contamin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

En annonçant à la Société le décès de MM. Eugène Péligot, L. Courtois, Ph. Imbach et É. Plainemaison, M. le Président s'exprime ainsi :

Messieurs, la mort continue à décimer nos rangs ; elle vient de nous enlever quatre nouveaux collègues et c'est sous l'impression d'un sentiment de profonde tristesse que je viens rappeler le souvenir de leurs travaux et adresser à leurs familles l'expression de tous nos regrets, et prier d'agréer nos plus affectueuses condoléances.

Eugène Péligot, auquel l'Institut, les corps savants, l'École centrale, le Conservatoire des arts et métiers viennent de rendre les derniers h-

[illegible] était tout particulièrement estimé par notre Société à laquelle il [illegible] attaché en qualité de membre honoraire. Ses beaux travaux sur [illegible] et [illegible], sur l'uranium, sur les céramiques, les verreries et une [illegible] autres sujets touchant à la chimie théorique et industrielle, lui [illegible] une autorité grande et incontestée non seulement parmi [illegible] savants, mais aussi dans le monde qui travaille et produit. [illegible] affabilité, l'accueil bienveillant qu'il réservait à ceux qui [illegible] à ses lumières lui avaient conquis enfin l'estime et la [illegible] de tous et en particulier des Ingénieurs auxquels il était rat- [illegible] par les liens rappelés plus haut, par son frère, notre excellent [illegible], et son fils, Ingénieur distingué à l'École Centrale.

[illegible] nos regrets adoucir le chagrin que sa perte fait éprouver à [illegible] qui l'entouraient! *(Approbation.)*

[illegible] perte non moins vivement ressentie est celle de notre excellent et [illegible] collègue Courras, secrétaire général de la Compagnie d'Or- [illegible] membre de notre Société depuis 1852, date de sa sortie de l'École [illegible], et appelé par les suffrages de l'amitié, qu'il savait inspirer à [illegible] qui l'entouraient, à faire partie de nos comités pendant les [illegible] 1876 à 1881, puis de notre Bureau en qualité de vice-président [illegible] exercices 1881 et 1882.

[illegible] qualités de cœur, son extrême affabilité et sa très grande bienveil- [illegible] avaient conquis l'affection de ses collègues et de tous ceux qui [illegible] de loin se trouvaient être en rapport avec lui.

[illegible] consciencieux et assidu, entièrement et exclusivement dé- [illegible] devoirs professionnels, il s'était élevé petit à petit et par le [illegible] de son mérite et de son intelligence à la haute situation qu'il [illegible] à la Compagnie d'Orléans, en ne laissant derrière lui que des [illegible] reconnaissants et ne faisant naître autour de lui que de sin- [illegible] et vives amitiés, tellement il était juste et profondément bon.

[illegible] attaché à son personnel et porté par ses grandes qualités [illegible] sa très saine appréciation des nécessités sociales à s'occuper [illegible] d'améliorer la situation matérielle de ses collaborateurs de [illegible] degrés, il a été un des promoteurs les plus actifs et l'un de ceux [illegible] plus aidé au développement des institutions de prévoyance, [illegible] et caisses de secours, qui font tant d'honneur à la Compagnie [illegible] et fonctionnent aujourd'hui dans toutes nos grandes Compa- [illegible] chemins de fer.

[illegible] aussi puissamment aidé à développer les sentiments de mutuelle [illegible] que l'on rencontre à tous les degrés de la hiérarchie dans l'im- [illegible] personnel des chemins de fer et, de ce fait, bien mérité du pays.

M. Courras n'était pas seulement un administrateur distingué et un [illegible] estimé, il était aussi, et avant tout, un homme de bien dans [illegible] l'acception du mot, aussi modeste que généreux. Il aimait rendre [illegible] en cachant à ses obligés la source du bienfait; cette grande bonté [illegible] et cette délicatesse de cœur expliquent et justifient les sentiments [illegible] que la brusque nouvelle de sa mort a fait naître dans tous [illegible] cœurs. C'est à ce sentiment que nous venons nous associer aujour- [illegible], n'ayant pu le faire il y a quelques jours par respect pour un [illegible] formellement exprimé par notre sympathique ami, en adressant à

sa fidèle compagne et confidente de tous ses bienfaits l'hommage de nos très respectueuses condoléances et l'expression de toute notre sympathie ; l'assurant enfin que le bon souvenir de son cher mari restera vivant parmi nous. *(Approbation.)*

Les deux autres collègues enlevés à l'affection de leur famille et à l'estime de leurs amis sont MM. Imbach et Plainemaison.

Le premier, membre de notre Société depuis 1878, est décédé à Bâle le 5 avril dernier. Sorti de l'École Centrale en 1850, il remplissait les fonctions d'Ingénieur civil à Bâle, après avoir dirigé pendant de longues années l'importante usine de MM. Kœchlin-Baumgartner et Cie, à Loevrach.

Nous nous associons bien sincèrement aux regrets que sa disparition cause à son fils, Ingénieur distingué, et à tous ceux qui l'ont connu.

M. Plainemaison, décédé à Lille le 16 avril, appartenait, lui aussi, à l'École Centrale, dont il était sorti en 1849. Membre de la Société depuis 1873, il avait occupé aux chemins de fer du Nord de l'Espagne le poste important d'Ingénieur en chef du matériel et de la traction. Revenu en France, il s'était établi Ingénieur-conseil à Neuilly, où il avait conquis l'estime et l'amitié de tous ceux qui l'entouraient et étaient en relations avec lui.

La Société partage le sentiment de tristesse que la perte de ce collègue bienveillant cause à sa famille et à tous ses amis. *(Approbation.)*

M. Buquet ajoute quelques mots aux paroles prononcées par M. le Président à propos de M. Courras et rappelle combien notre regretté collègue était particulièrement dévoué à ses jeunes camarades de l'École centrale et à tous ceux qui ont besoin d'un appui au début de leur carrière. *(Approbation.)*

M. le Président rappelle que la Société doit avant la fin du mois transmettre à M. le Ministre de l'Instruction publique les noms de ceux de nos collègues délégués au Congrès des Sociétés savantes. M. Périssé a déjà accepté cette mission ; MM. Bobin, Brichaut, Couriot et Gibon lui sont adjoints pour prendre part aux discussions du Congrès.

M. le Président a le plaisir d'annoncer qu'un certain nombre de nos Collègues ont généreusement abandonné les bons qu'ils avaient souscrits à l'emprunt.

Ce sont : MM. Boivin, 9 bons ; Battarel, 9 bons ; Courtier, 2 bons ; de Kislanski, 1 bon, et Armengaud jeune, 1 bon.

M. le Président adresse ses remerciements à nos Collègues. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que, par suite de l'adoption d'un nouveau module pour la médaille de la Société, la valeur de cette dernière a subi une augmentation.

M. E. Simon, qui a fondé le prix Michel Alcan, a bien voulu, pour faire face à cette augmentation, nous faire un nouveau don de 35 francs de rente. Nous remercions sincèrement M. Simon de ce don généreux dû à l'intérêt qu'il porte à notre Société et dont il nous a déjà donné tant de preuves. *(Applaudissements.)*

M. le Président annonce que M. C. de Cordemoy, auquel nous avons [illegible] d'être Membre correspondant de la Société au Chili, accepte [illegible] et se met à notre entière disposition.

La Société a reçu de M. J. de Coene une lettre rappelant la note qu'il a [illegible] dans le numéro du *Génie civil* du 15 mars 1890 et relative [illegible] de l'Estuaire de la Seine.

A [illegible] de la communication de M. Arnoux et des mentions faites [illegible] calcul et des abaques, M. de Gennes croit devoir signaler [illegible] de M. A. Boucher; cet instrument, dont il se sert depuis [illegible] lui paraît présenter les avantages suivants : très petit volume, [illegible] dans le même sens, le 0 et le 10 se confondant, enfin [illegible] d'effectuer un plus grand nombre d'opérations diverses que [illegible] à calcul.

M. le Président signale une erreur qui s'est glissée dans le procès-[illegible] séance du 11 avril, à propos de la lettre que nous avons [illegible] collègues de Russie. Le Président de la Société Impériale [illegible] de Russie, n'est pas M. Herzenstein, mais bien M. Kot-[illegible]

M. le Président annonce qu'en témoignage de sa très grande sympa-[illegible] la Société, notre regretté collègue M. Adolphe Meyer, fils de [illegible] connu de la *détente* qui porte son nom, nous a légué [illegible] de 20 000 *f* pour être affectée à la création d'un prix à décer-[illegible] deux ans. A la prochaine séance, la Société sera consultée [illegible] d'acceptation de ce legs.

M. le Président donne la parole à M. G. Gerhsland pour son analyse [illegible] de M. J. Couture, membre de la Société, qui a pour titre : [illegible] *électrique actuel dans différents pays. — Comparaison de son [illegible] de revient avec celui du gaz.*

M. [illegible] dit que l'auteur de la brochure dont il va rendre compte [illegible] la question qui divise le plus les gaziers et les électriciens, [illegible] prix de revient. On doit regretter seulement que les chiffres [illegible] par notre collègue s'arrêtent à 1886, 1887 ou 1888 et soient, [illegible] un peu anciens dans une question où l'on peut dire que [illegible] amène un nouveau fait, un nouvel élément de discussion. [illegible] de M. Couture donne des détails et des chiffres relatifs aux [illegible] électriques de Milan, Rome, Paris, Saint-Étienne, Manosque, [illegible] Marseille, New-York, etc.

[illegible] compare le coût de l'éclairage avec les becs à gaz perfectionnés [illegible], Wenham, etc., et avec les lampes électriques à incandescence [illegible], Swan, Khotinski, de même intensité lumineuse. Il fait ressortir [illegible] la plupart des cas, pour l'éclairage des villes et des particu-[illegible] électrique, avec la lumière par incandescence, présente des prix [illegible] que le gaz. Ces prix peuvent naturellement être abaissés [illegible] une grande proportion quand on utilise une chute d'eau comme [illegible] motrice, comme c'est le cas à Pertuis (Vaucluse), à Roquevaire [illegible]-du-Rhône), etc. Dans cette dernière localité, l'éclairage a été [illegible] combiné avec une exploitation de meunerie.

Pour les grandes villes, M. Couture a établi un tableau qui indique le coût de l'électricité, par lampe de 10 bougies et par heure, comparé à ce que reviendait le gaz par mètre cube pour une même dépense avec la même intensité lumineuse, et il indique en regard le prix réel payé pour le gaz dans les localités considérées. C'est ainsi qu'à Milan (1886), l'électricité revenait à 5,1 *c*, ce qui correspond à du gaz à 48,5 *c* le mètre cube, tandis qu'on le paie dans cette ville 36,25, ou 20 *c* seulement; pour Rome, la même comparaison indique 5 *c* pour l'électricité équivalant à 47,6 *c* pour le gaz, qui ne coûte dans cette ville que 27 *c*.

Par contre, l'emploi des lampes à arc est, à égalité de lumière, déclare M. Couture, plus économique que le gaz, mais il faut pour cela que cet éclairage puisse donner tout son effet utile, et cet avantage disparait quand il s'agit d'éclairer des rues étroites et tortueuses.

L'auteur conclut que l'électricité ne peut lutter qu'à la condition de faire des prix égaux ou supérieurs à ceux du gaz, et à ce point de vue, il estime que les Compagnies gazières sont des mieux placées pour faire de l'éclairage électrique qu'elles peuvent produire sans augmentation sensible de leurs frais généraux et avec une dépense faible de combustible. Il cite l'opinion d'un éminent électricien, M. Fontaine, qui dit que le moment viendra où l'on ne parlera plus de payer au même prix l'éclairage à l'électricité et l'éclairage au gaz, « *pas plus qu'on ne demande de payer la soie le même prix que le coton*, sous prétexte qu'ils peuvent servir aux mêmes usages ».

» En résumé, dit M. Couture, *petit bonhomme de gaz vit encore, et vivra, je l'espère, longtemps*. Il n'hésitera pas, pour prolonger une existence si bien remplie et d'une utilité incontestable, à mettre sur son drapeau « Gaz-Électricité », car ses adhérents ne sont réfractaires à aucun progrès. »

M. le Président remercie M. Cerbelaud de son intéressante analyse.

Avant d'ouvrir la discussion de la communication de M. Bert sur *les traités de commerce et leur renouvellement*, M. le Président tient à remercier les très honorables Ingénieurs et Administrateurs étrangers à notre Société, qui ont bien voulu nous faire l'honneur d'assister à cette séance. Ils verront discuter cette question vitale et intimement liée à l'avenir de la patrie avec un grand sentiment de tolérance pour les opinions exprimées, persuadés que nous sommes tous que l'intérêt général est le seul mobile qui suscite les arguments invoqués. *(Approbation.)*

M. J. Fleury a la parole pour répondre au mémoire de M. E. Bert.

M. J. Fleury rend hommage a la partie du travail de M. Bert consacrée à l'historique des traités de commerce, qui a été exposé avec beaucoup de précision et une grande exactitude. Il constate, quant à la seconde partie, que la question soulevée par l'approche de la date d'expiration des traités de commerce est celle du plus ou moins de liberté donnée à l'échange. C'est donc entre le libre-échange et la protection que la question est posée, et il semble à M. Fleury que c'est ainsi qu'au fond elle est apparue à M. Bert, puisqu'il a constamment opposé la protection au libre-échange. M. Fleury n'attribue pas au seul traité de 1860, quelle que soit son importance, les variations qu'a pu subir la prospérité

[illegible] cette époque. Bien d'autres événements d'ordre politique, social, [illegible], et des faits d'ordre naturel ont exercé une influence prépondé[illegible] sur le bonheur du pays. Quoi qu'il en soit, il semble à M. Fleury [illegible] la richesse publique s'est notablement accrue depuis 1860. Il cite [illegible] preuve à l'appui de cette assertion, l'accroissement des dépôts [illegible] les banques et les établissements financiers, l'augmentation des [illegible] successorales, la diminution de la valeur de l'argent. Il cite [illegible] charges considérables que le pays a su et sait encore suppor[illegible] charges de la guerre, les budgets toujours en augmentation. Il [illegible] qu'on ne doit pas considérer cette période de la vie sociale [illegible] absolument malheureuse, au moins au point de vue matériel.

M. Fleury fait alors remarquer que M. Bert ne s'est pas arrêté à cet[illegible] considérations et que pour lui le critérium de la prospérité [illegible] être la *balance du commerce*. M. Fleury ne partage pas [illegible] l'opinion de son collègue : il ne croit pas que lorsque l'im[illegible] surpasse l'exportation, la différence se traduise par une sortie [illegible] : il ne croit pas que le relevé des douanes puisse être [illegible] autre chose qu'à un livre d'entrée et de sortie de magasin : c'est [illegible] tout à fait auxiliaire dans la comptabilité de cette grande mai[illegible] commerce, à laquelle les partisans de la balance veulent assimiler [illegible]. Le livre important, celui qui pourrait révéler le résultat final [illegible] opération, c'est le compte Profits et Pertes ; la douane ne peut pas [illegible].

M. Fleury fait observer d'ailleurs que les opérations du commerce [illegible] ne se résolvent pas toujours par l'échange, et que l'exportation [illegible] solder soit des engagements, soit des dettes contractées à l'exté[illegible]. C'est ce qui est arrivé dans les deux périodes de 1863-67 et 1873-76 [illegible] par M. Bert, et où les exportations ont été supérieures à l'im[illegible]. Il cite l'Égypte, l'Irlande, l'Inde, pays constamment exporta[illegible], et se demande s'il en résulte pour eux une grande prospérité.

M. Fleury entre ensuite dans quelques détails sur la nature des opéra[illegible] de notre commerce extérieur.

Il fait ressortir l'importance de nos affaires avec l'Angleterre et établit [illegible] souffririons plus qu'elle d'une tension dans les rapports com[illegible]. L'effet inverse s'est produit avec l'Italie. Mais quand les re[illegible] deviennent difficiles, les deux parties en souffrent. M. Fleury, de [illegible] de nos affaires avec l'Allemagne, conclut qu'il ne faut pas [illegible] l'influence que peut avoir l'article 11 du traité de Francfort. Il [illegible] d'ailleurs que tout traité étant un contrat synallagmatique peut [illegible] avantageux aux deux parties contractantes.

Il constate que nous importons surtout des denrées alimentaires et des [illegible] premières nécessaires à l'industrie.

D'après lui, on n'importe les unes et les autres que parce qu'on ne les [illegible] pas en quantité suffisante dans le pays ; nous allons les chercher, [illegible] ne nous les impose pas, et M. Fleury s'élève contre l'abus des [illegible] d'invasion, d'envahissement, d'inondation, qui ne répondent pas à [illegible] réalité. Il constate également que, dans cette situation, on ne peut pas [illegible] à prélever sur l'étranger ce qu'on a appelé des *droits compensa-teurs*.

Par contre, nous exportons beaucoup plus d'objets fabriqués que nous n'en importons, ce qui lui paraît un indice de l'activité féconde et de la valeur du travail national.

Il en conclut qu'on doit avoir la préoccupation d'éviter toute mesure qui pourrait porter atteinte à la productivité du travail, — et les droits de douane lui paraissent au premier chef rentrer dans cette catégorie. Ils élèvent le prix des choses à l'intérieur, et les partisans de la protection ne nient pas que c'est là le but qu'ils poursuivent. La façon dont ce droit est perçu fait peut-être que le consommateur ne s'en aperçoit pas toujours distinctement. Il n'en est pas moins certain que l'élévation du prix, si minime soit-elle sur chaque objet consommé, a pour résultat définitif de diminuer les ressources que le consommateur n'obtient que par son travail, — et M. Fleury en déduit que le droit de douane rend le travail moins fécond et moins productif.

La productivité du travail se mesure d'ailleurs à l'abaissement du prix de revient. Les éléments du prix de revient sont : les intérêts des capitaux, les frais d'administration et de direction, la main-d'œuvre, la valeur de l'outillage, le prix des matières premières. Il croit que les intérêts des capitaux, les frais de direction et d'administration sont à peu près les mêmes dans tous les pays producteurs. Il croit que les différences entre les prix de la main-d'œuvre vont chaque jour s'atténuant, — et il en conclut que si nos industries avaient les matières premières et l'outillage dans des conditions analogues à celles des pays voisins, il n'y aurait plus aucun motif d'infériorité prétendue ou réelle.

Il s'attache à montrer que dans l'élaboration des produits nécessaires à l'homme, toutes les industries se succèdent et s'enchaînent; que la matière première de l'une est le produit fini de la précédente, et il arrive ainsi aux grandes industries extractives qui font sortir du sol les éléments de tout ce qui doit être ensuite par les autres industries adapté à notre usage.

Des statistiques il résulte que l'agriculture française ne fournit qu'une faible fraction des produits bruts élaborés par les autres industries.

M. Fleury cite notamment les matières textiles, les cuirs, les graines oléagineuses, ce qui justifie et explique la demande qui en est faite à l'étranger. — Si le droit de douane intervient, toutes les industries s'en ressentent. — Aussi peut-on constater que dans le mouvement actuel, tout protectionniste qu'il soit, un grand nombre de chambres de commerce protestent dès maintenant contre les droits sur les matières premières.

Les conséquences du droit de douane paraissent encore plus graves à M. Fleury, lorsqu'il s'agit des denrées nécessaires à la subsistance. Tout le monde est alors directement atteint dans ses ressources, car boire et manger sont deux besoins impérieux qu'il faut d'abord satisfaire.

M. Fleury croit, en particulier, que le droit de 5 francs sur le blé est un lourd impôt prélevé sur le pays, et dont la majeure partie ne profite qu'à quelques-uns. Il rappelle à ce sujet que le motif allégué en faveur de ce droit est que le prix de revient du blé est supérieur au prix de vente. Mais le prix de revient que l'on a cité est une moyenne ; on a donc calculé d'après ce prix de revient moyen — ce qui conduit à accorder

[illegible] up à ceux qui produisent dans des conditions meilleures que le [illegible] revient moyen — et à ne donner qu'un secours insuffisant à ceux [illegible]ent dans des conditions moins bonnes. M. Fleury croit d'ailleurs [illegible] la plus grande partie de la majoration résultant des droits de [illegible] ne restera pas aux mains du cultivateur, mais ira au propriétaire [illegible] la terre, sous forme d'augmentation du prix du fermage.

M. Fleury pense qu'il y a d'autres services à rendre à l'agriculture, en [illegible]struisant, en mettant à sa disposition le capital et les exemples, en [illegible]ant certaines lois qui gênent son développement économique. Il [illegible]state que des hommes ayant à la fois une grande science et un [illegible]ement admirable, parmi lesquels il croit devoir citer M. L. Gran[illegible] sont adonnés à cette œuvre. Il souhaite avec ardeur pour le [illegible]ur et la grandeur de notre pays que leur parole soit écoutée, leurs [illegible] suivis.

[illegible] ce qui concerne l'industrie minière, M. Fleury constate que les [illegible] de l'extraction des combustibles minéraux sont très amélio[illegible] dans les plus importants des bassins français, et il croit que la pro[illegible] n'est pas nécessaire à cette industrie qui fournit à toutes les [illegible] l'élément le plus nécessaire de leur activité. Il fait ensuite remar[illegible] que les mines métalliques ne sont l'objet d'aucune protection ; ce [illegible]stitue une inégalité.

Relativement à l'industrie métallurgique, M. Fleury fait remarquer [illegible] a eu l'heureuse fortune d'être toujours dirigée par des hommes [illegible] plus haute valeur, instruits, et sachant utiliser toutes les indica[illegible] de la science. Elle a fait des progrès merveilleux, et dans certaines [illegible] elle est arrivée à fonctionner dans des conditions qui lui per[illegible] de concurrencer victorieusement sur les marchés étrangers les [illegible] similaires. Il est vrai qu'il n'en est pas de même partout, et que [illegible] la région du Centre, dans la Loire, l'industrie métallurgique est en [illegible], par suite, en grande partie, des conditions nouvelles intro[illegible] dans la production par des découvertes récentes ; mais M. Fleury [illegible]state que l'industrie dans ces régions s'est transformée : on ne peut [illegible] faire économiquement le produit brut ; mais on fait, et avec succès, [illegible] fini. C'est la voie dans laquelle il faut entrer. S'appuyant sur [illegible]tations de MM. Euverte et Périsse, M. Fleury croit que la fabrica[illegible] des produits finis, de ceux dont l'exécution exige de l'intelligence, [illegible]atique, du goût, est évidemment celle qui convient au génie de [illegible].

[illegible], comme preuve à l'appui, certains produits fabriqués, les tis[illegible] [illegible] en particulier, les machines, les ouvrages en métaux, qui, [illegible]tant les droits de douane qui pèsent sur tout ou partie de leurs [illegible] premières, tiennent une si grande place dans notre exportation. M. Fleury ne croit pas d'ailleurs que ces transformations ou ces déplace[illegible] puissent provoquer des crises douloureuses au sein de la popula[illegible] ouvrière. Ces crises seront, en tout cas, infiniment moins doulou[illegible], moins profondes, moins durables que celles que provoquerait [illegible] grandes industries des produits définitifs, tissus, bimbeloterie, [illegible]terie, quincaillerie, dont le personnel est si nombreux, l'élévation [illegible] prix des matières premières.

Concluant, M. Fleury trouve à la protection ce double caractère : elle diminue l'effet utile du travail national ; elle s'exerce inégalement, non seulement dans le sein d'une même industrie, mais encore d'une industrie à l'autre, et surtout elle ne peut rien, quoi qu'on promette, pour compenser les charges qu'elle impose à tous ceux dont le produit est le travail, et c'est le plus grand nombre. Elle aboutit donc à l'appauvrissement du pays et à l'injustice. M. Fleury veut espérer que si, néanmoins, on en fait l'expérience, le pays sera un jour désabusé et abolira enfin le tarif des douanes. Ce sera, dit M. Fleury, en citant Montalembert, non le triomphe d'une opinion, mais la glorieuse et légitime conquête de la raison, de la justice et de la charité sociale. *(Applaudissements.)*

M. le Président rend hommage au plaidoyer éloquent de M. Fleury en faveur de la liberté commerciale et le remercie, au nom de la Société, de la chaleur et du sentiment de profonde conviction avec lesquels il a développé ses arguments. Il ne lui appartient pas encore de résumer les théories en présence, ni de donner son avis ; il croit cependant devoir protester contre l'opinion émise par notre honorable collègue, que rien ne serait plus facile aux ouvriers métallurgistes que de changer de profession. Il lui a été donné de voir, malheureusement plus d'une fois, des usines dans la nécessité de renvoyer une partie de leur personnel ouvrier et il a toujours constaté que lorsque celui-ci ne retrouvait pas des occupations similaires, il était dans la nécessité, après de nombreuses souffrances, d'accepter de ne remplir que des fonctions de manœuvre.

M. Cornuault dit qu'il n'était nullement préparé à répondre à M. Fleury et qu'il ne demande la parole que pour présenter quelques rectifications matérielles sur les points de sa compétence.

Il fera, cependant, tout d'abord remarquer que M. Fleury semble avoir laissé totalement de côté l'intérêt qui s'attache à conserver du travail en France ; faire autre chose n'est pas toujours aussi facile ni désirable qu'il semble : tout consommateur est doublé d'un producteur, et l'ouvrier, consommateur annuel d'un kilogramme de coton, pour citer un exemple, ne regretterait guère les 0,10 *f* ou 0,15 *f* par an que lui vaudrait une augmentation de droits de 10 *f* ou 15 *f* les 100 *kg* ou même beaucoup plus, si cette augmentation devait maintenir l'industrie qui le fait vivre en France et lui conserver, avec du travail, son salaire quotidien. *(Très bien !)*

M. Cornuault, abordant les rectifications matérielles, dit qu'il a été bien surpris d'entendre M. Fleury parler de la revendication du droit de 2 *f* par tonne sur la houille étrangère introduite en France, qui serait faite par les producteurs de houille nationale ? Ses relations avec les bassins du Nord et du Midi lui permettent d'affirmer qu'il n'en est rien et qu'il doit y avoir là quelque malentendu ; l'industrie houillère, dans sa généralité, ne demandant rien de plus que le *statu quo*, c'est-à-dire le droit de 1,20 *f*. Ce droit est très faible si on le compare aux prix généralement variables entre 20 *f* et 30 *f*, dans les périodes normales, auxquels revient le charbon, non pas à la mine, mais au pied de la chaudière ou autre qui le consomme : mais on ne saurait s'en passer, et en présence des 9 à 10 millions de tonnes que la France demande annuellement à

...nger, alors que l'intérêt vital de la nation, à tous les points de vue, ...voir une production nationale aussi voisine que possible des ... de sa consommation, ce qu'il faut, c'est encourager l'industrie ... à produire davantage, et pour cela lui permettre de réaliser ...es, dans les périodes normales j'entends, celle que nous tra... absolument exceptée. C'est là le but du droit dont on demande ...tion et non la *majoration*.

... la *fonte*, M. Fleury a cité, par erreur, le droit de 20 *f* la tonne; ... que de 15 *f*, soit 25 0/0 en moins; de plus il est en pratique ... plus faible, et souvent le trafic bien connu des acquits-à-cau... permis de payer moins de la moitié du droit. Il n'a donc rien ...sal, et si l'on fait le percentage par rapport à la valeur de la ... qualité moyenne, revenant, par exemple, à 90 ou 100 *f* la tonne, ... approche guère du chiffre de plus de 30 0/0, cité par M. Fleury.

M. Cornuault insiste, en terminant, sur la nécessité de conserver en ... du travail à l'ouvrier. *(Très bien! Applaudissements.)*

M. Fleury répond que les chiffres qu'il a cités émanent de documents ...is, par exemple, il a trouvé celui de 2 *f* pour le droit sur la houille ... le cahier des réponses de la Chambre de commerce de Saint-...ne au questionnaire du Ministre du Commerce.

M. Euverte explique qu'il a été question d'établir deux tarifs, l'un ...mum, l'autre maximum, et qu'en effet la Chambre de commerce de ...Étienne a indiqué le chiffre de 2 *f* comme tarif maximum, mais en ... tout le monde est d'accord dans l'industrie houillère pour récla... maintien du *statu quo*.

M. Euverte ajoute que M. Fleury a parlé avec un grand talent, mais ... s'est placé à un point de vue qui devient très rare en France. ...ert disait l'autre jour qu'il n'y avait plus de libre-échangiste; il y ... encore un, c'est M. Fleury! *(Rires et applaudissements.)*

M. Euverte, dans l'étude qu'il a faite de la question et qu'il exposera ... prochaine séance, déclare qu'il n'avait pas pensé au libre-échange: ... une idée théorique comme celle du désarmement; quand les ..., les Allemands, les Américains ne se protégeront plus, nous ne ... protégerons plus. M. Euverte croit, par contre, qu'il faut se mettre ... contre l'exagération de la protection. Les Ingénieurs, qui sont ... industrie, sont bien placés pour étudier cette importante ques... et la discussion ouverte en ce moment devant la Société sera d'un ... *(Approbation.)*

M. Gassaud, répondant à M. Fleury, dit qu'en fait de droits compen... ce qu'on demande c'est que les produits étrangers qui viennent ... de nos canaux et de nos chemins de fer participent aux charges ...; il cite l'exemple des maïs, des mélasses, qui peuvent venir ... les produits indigènes sans avoir à supporter les mêmes ...

M. Fleury pense que l'élévation des droits de douane empêchera l'in...tion de choses nécessaires à l'alimentation française. Cela n'est ... à craindre, car il faudrait à cet effet des droits prohibitifs qui ne

seraient plus alors une ressource pour le Trésor. M. Fleury a critiqué le droit sur les blés et les farines, qui permet l'introduction en franchise du produit fabriqué : le pain ; dans le nouveau tarif cette *fissure* n'existera pas, car on aura soin d'ajouter pour chaque produit : « et tous ses dérivés »; d'ailleurs, pour le pain étranger, l'inconvénient n'est pas grave, car dans les grands centres de consommation, tels que Paris par exemple, on ne se contenterait pas de pain qui aurait voyagé, n'eût-il fait que 20 *km*. M. Fleury a dit qu'au lieu de demander la protection aux droits de douane, il fallait perfectionner l'outillage national ; mais, comme l'a dit M. Cornuault, pour cela, il faut gagner de l'argent, et si l'on travaille à perte, on n'ira pas immobiliser des capitaux nouveaux.

M. Gassaud estime que, pour changer toute la législation comme le voudrait M. Fleury, il faudrait bouleverser tout le Code civil, ce qui pourrait durer un siècle.

Pour la question des engrais, il est vrai que l'Angleterre en importe plus que nous, mais cela tient à ce que les gisements de phosphate sont précisément situés en France ; M. Grandeau a même proposé d'en interdire l'exportation. Quant aux guanos, ils ne sont plus de mode aujourd'hui.

En terminant, M. Gassaud estime que M. Fleury s'est trompé en disant qu'il y a un courant protectionniste en ce moment ; ce qu'on demande c'est *l'égal échange*, l'égalité devant l'impôt, que l'on ne peut refuser à l'agriculture et à l'industrie françaises vis-à-vis des produits étrangers. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Gassaud et remet à la prochaine séance la suite de cette discussion.

La séance est levée à onze heures et quart.

LE PONT DU FORTH

PAR

M. L. COISEAU

[illegible] 4 mars dernier, a été inauguré officiellement le gigantesque [illegible] construit sur le golfe du Forth, près d'Edimbourg. Ayant eu [illegible] bonne fortune de collaborer à sa construction, nous avons pu [illegible] de très près le travail lui-même et les différents moyens qui [illegible] été mis en œuvre pour son exécution. Nous nous proposons [illegible] les faire connaître à la Société, avec l'espoir de l'intéresser.

Description générale.

[illegible] géographique. — Le pont est situé à environ 12 *km* (voir [illegible]) ouest d'Edimbourg, dans le prolongement du chemin de [illegible] de cette ville au village de South-Queensferry, où [illegible] et marchandises sont transportés par des ferry-boats [illegible] rive, où le chemin de fer les reprend pour les trans[illegible] vers le nord de l'Écosse.

But du pont. — Le pont a donc pour but de combler cette lacune [illegible] mettre en communication directe le nord de l'Angleterre et [illegible] avec le nord de l'Écosse. Le nouveau pont de la Tay étant [illegible] depuis un certain temps, et celui-ci l'étant également, les [illegible] pourront aller directement vers Dundee et Aberdeen, etc., [illegible] être obligés de contourner le Forth en passant à Stirling, et [illegible] passant à Perth, ce qui constitue un raccourcissement [illegible] à peu près 45 *km*.

[illegible] intéressées. — Quoique ce raccourcissement ne soit [illegible] considérable, le temps étant toujours de l'argent dans le

Royaume-Uni, les quatre grandes Compagnies : le Great Northern, le Midland, le North Eastern et le North British Railway, s'unirent pour faire les frais de l'exécution, et formèrent une nouvelle Compagnie, appelée : « The Forth Bridge Railway Company ».

Choix de l'emplacement. — Cette intention étant bien arrêtée, il ne restait pas de choix à faire pour l'emplacement du pont, car, à hauteur d'Edimbourg, en face de Leith, le golfe a environ 10 *km*, avec des profondeurs considérables ; puis, il se rétrécit, et, à Queensferry, il se resserre subitement et n'a plus que 1 600 *m* de largeur, avec cette circonstance que la petite île de Inch-Garvie le sépare en deux, en laissant de chaque côté une passe ou chenal d'à peu près 500 *m*, avec des profondeurs de 50 à 60 *m* au milieu. Au delà de Queensferry, le golfe s'élargit de nouveau, pour se resserrer ensuite, à 35 *km* à l'ouest, près de Stirling.

Concours pour le projet. — Après l'achèvement du premier pont sur la Tay et sa mise en exploitation, la construction du pont sur le Forth avait été décidée, et Sir Thomas Bouch, le malheureux auteur de celui de la Tay, avait été chargé de sa construction.

Son projet était de construire un pont suspendu ayant deux travées de (1 600′) 488 *m* chacune : le dessin en est donné figure 2. Les tours d'où partaient les câbles de suspension devaient avoir (550′) 167,75 *m* de hauteur au-dessus de haute mer, et le niveau du rail devait être tel qu'il existât, dans l'intervalle des piles, une hauteur libre de (150′) 45,75 *m* au-dessus de haute mer. La tour centrale, sur l'île de Inch-Garvie, devait avoir une largeur de (500′) 152,50 *m*. Les deux voies devaient être écartées de (100′) 30,50 *m* l'une de l'autre, pour permettre l'établissement d'un fort contreventement horizontal entre leurs deux tabliers. Les piles, à North-Queensferry et à South-Queensferry, devaient occuper à peu près les positions qu'elles ont dans le pont actuel.

Les travaux étaient commencés quand survint le fameux accident du pont sur la Tay. La discussion qui suivit sur les causes de ce désastre fit naître des appréhensions sur le projet adopté, et les travaux furent suspendus. On examina de nouveau avec grand soin les conditions du projet, et de nouvelles études furent demandées aux Ingénieurs de la Grande-Bretagne.

Conditions du programme. — Les conditions du programme étaient les suivantes :

Construire un pont rigide pour chemin de fer à deux voies, ca-

... 1° de supporter deux trains pesant une tonne par pied ...ant, soit 3 328 *kg* par mètre courant, un sur chaque voie et ... longueur illimitée ;

2° De supporter, sur chaque voie, un train ayant en tête deux ...motives avec tender de chacune 71 *t*, remorquant 60 wagons ...arbon de chacun 15 *t* ;

3° De permettre le passage de trains express marchant à la ...sse de 60 milles à l'heure, environ 100 *km* ;

4° De résister aux plus grandes tempêtes, aussi bien pendant le ...age qu'après achèvement, en admettant que la pression ... par le vent soit de 56 livres par pied carré (environ 273 *kg* ... mètre carré), frappant tout ou partie du pont et sous n'importe quel angle ;

5° De laisser sous le tablier une hauteur et une largeur telles à la marée haute, les plus grands navires à voiles puissent passer facilement en dessous, sans aucune manœuvre préalable ;

6° Toutes ces conditions étant remplies, l'acier qui doit être ...ployé dans la construction ne devra, en aucun cas, travailler à ... de 10,5 *kg* par millimètre carré.

Quatre projets furent présentés à ce concours, et ils sont représentés sur les figures 3, 4, 5 et 6.

Trois d'entre eux étaient du type du pont suspendu ; mais les ...es faisant fonction de câbles étaient constituées par des poutres ...ement croisillonnées et contreventées. Le quatrième projet ...t un projet du « Cantilever System », et c'est celui-ci qui fut ...pté.

C'était celui de Sir John Fowler et Benjamin Baker. Sir J. Fowler est ingénieur bien connu par les travaux de chemins de fer qu'il ...t exécuter, aussi bien dans le Royaume-Uni que dans les colonies, et spécialement par les travaux du Métropolitain de Londres. Quant à Benjamin Baker, il est de beaucoup plus jeune ; il a con...é pour sa part aux travaux dont nous venons de parler et ...eut être considéré comme l'auteur du magnifique projet dont ...s figures 7 et 8 font voir la forme, les lignes et les dimensions principales.

Modifications au projet primitif. — Des modifications ont été apportées au projet primitif ; la plus importante est celle relative ...x colonnes des piles qui, d'abord, étaient inclinées dans le sens ...ngitudinal et ressemblaient à des bigues haubannées entre elles,

tandis qu'elles ont été placées verticalement dans ce sens, comme l'indique le dessin.

Dimensions principales. — La longueur totale du pont, y compris les viaducs d'approche, et de remblai en remblai, est d'un peu plus de un mille et demi (8 098′) ou **2 468,02** *m*.

Longueur de la partie centrale, d'axe en axe des piles d'extrémités des viaducs (5 349′ 6″) environ 1 mille, ou **1 630,10** *m*.

Longueur des deux grandes travées (1 710′), ou **520,90** *m*.

Longueur des consoles ou Cantilevers (680′ et 689′ 9″), ou **207,38** *m* et **210,35** *m*.

Longueur des poutres centrales (350′), ou **106,24** *m*.

Hauteur des piles au-dessus du niveau de haute mer (360′), ou **109,29** *m*.

Hauteur entre le dessous du tablier et la haute mer (150′), ou **45,75** *m*.

L'idée fondamentale qui caractérise la construction est dans la forme adoptée : le principe consiste à élever de grandes piles métalliques (atteignant ici **110** *m* au-dessus de l'eau), qui portent de chaque côté un encorbellement ou console, ce que les Américains, qui, paraît-il, l'ont appliqué les premiers, nomment « Cantilever System ».

Sur l'extrémité de ces deux consoles en porte-à-faux, qui sont parfaitement équilibrées, pendant la construction comme après son achèvement, vient reposer une poutre ordinaire de pont, ayant ici une longueur de 350′ (**106,24** *m*), avec semelles supérieures paraboliques, qui est supportée librement en ces points, avec toute liberté de dilatation, comme elle reposerait sur des piles ordinaires : le principe revient, en somme, à constituer des piles dont la surface d'appui supérieure soit très étendue, tout en leur assurant la stabilité nécessaire sur leur base d'appui propre, très petite en proportion.

Disposition des piles. — Les trois piles centrales reposent chacune sur quatre piliers en maçonnerie, ayant à leur base (70′), **21,35** *m* cylindriques sur une hauteur variant avec la profondeur à laquelle elles sont fondées, et se terminant en tronc de cône avec (60′), **18,30** *m*, un peu au-dessous de marée basse, et (49′), **14,94** *m*, au sommet.

Portée des poutres des viaducs (fig. 9). — Les portées des poutres des viaducs varient de (168′ à 179′), de **51,24** à **54,60** *m*.

…mparaison avec les principaux ponts. — Comme on le voit, les …ssions de ce pont, et surtout celles des deux travées cen…, sont gigantesques; elles laissent de beaucoup en arrière … qui a été fait jusqu'ici : en effet,

Le pont de Kulembourg a.	147,70 *m*.
Le pont de Saint-Louis a	156 *m*.
Le pont de Poughkepsee a . . .	157,50 *m*.
Le pont du Douro a	160 *m*
Le pont de Garabit a.	165 *m*.
Le pont de Monangahlo a.	244 *m*.
Le pont du Niagara a	246 *m*.

Même le fameux pont suspendu de Brooklyn, qui ne peut en …e façon être comparé à celui-ci, n'a que 488 *m*.

…s dimensions ne paraissent pas devoir de sitôt être dépassées, … a fallu de l'audace pour concevoir le projet et le mettre a …tion. Aussi, M. B. Baker est-il placé dès maintenant par ses …patriotes a la hauteur des Brunel et des Stephenson; cet hon… …sera certainement ratifié par les Ingénieurs étrangers.

…mes de la construction. — D'une façon générale, toutes les par… …métalliques du pont travaillant à la compression ont la forme …, et celles travaillant à la traction, la forme de poutres …onnées à section rectangulaire.

…base des parties métalliques des piles est formée par un … rigide composé, dans le sens longitudinal du pont, de tubes, …ans le sens transversal, de poutres à section rectangulaire. …bes ont (260') 79,30 *m* de longueur pour la pile centrale; … (145') 44,22 *m* pour les deux autres. Les poutres transver… …ont (120') 36,60 *m* de longueur.

…POSITIONS PRISES EN VUE DES DÉFORMATIONS PAR LA DILATATION, LES CHARGES ET LE VENT

Les causes qui peuvent produire des déformations sont de plu… …s espèces, en outre des charges qui agiront sur le pont :

1° La dilatation et la contraction par les changements de tem…pérature, qui agiront dans le sens longitudinal du pont, et aussi, … une certaine mesure, dans le sens transversal, sur les piliers …aires en maçonnerie;

2° L'influence des rayons du soleil, sur l'un ou l'autre côté de …struction;

3° La pression du vent agissant normalement, ou à peu près, à la longueur du pont.

La dilatation des poutres des viaducs extrêmes a été disposée à la manière ordinaire, en les faisant porter sur des plaques où elles peuvent glisser.

Pour les deux grandes travées, on a tenu compte de ces effets. d'abord en laissant à la construction la liberté de glisser sur certaines des plaques de fondation des piles, et en disposant convenablement la rencontre des extrémités des « Cantilevers » d'Inch-Garvie et de ceux des deux rives.

Pour ces grandes travées, les poutres centrales ont été fixées aux deux « Cantilevers » de South-Queensferry et de North-Queensferry, et elles ne peuvent avoir de mouvement que par rapport aux Cantilevers d'Inch-Garvie.

Il est intéressant de se rendre compte de l'importance des mouvements qu'il y avait lieu de prévoir avec les grandes dimensions de l'ouvrage.

A partir du nord et du sud, les demi-cantilevers des bouts, qui reposent par leurs extrémités sur les piles extrêmes des viaducs. atteignent, depuis leurs points d'attache fixes sur les piliers indiqués plus haut, une longueur de (825′) 251,62 *m;* et, si l'on suppose des variations extrêmes de 40° centigrades de température, les coefficients usuels indiquent un allongement à prévoir de (3″,61) soit 0,092 *mm.*

Pour les deux grandes travées, la dilatation se produira sur les longueurs de (1710′) 521,55 *m* et (1970′) 600,85 *m* respectivement, en raison de la position des points d'attache, et l'augmentation de longueur se produira, pour ces deux travées, aux points où les poutres centrales de (350′), 106,75 *m*, s'appuient sur les extrémités des Cantilevers d'Inch-Garvie.

Les allongements à prévoir sont, dans les mêmes conditions que ci-dessus, de (7″,6) 193 *mm* et (8″,62) 219 *mm.*

On a ménagé, aux quatre points où ces mouvements auront à se produire, une latitude plus que double des chiffres ci-dessus. Nous dirons plus loin, en exposant le mode de montage des poutres centrales des grandes travées, comment on a disposé la construction, pour permettre à ces mouvements de se produire à leurs extrémités.

Les points qui ont été établis d'une manière absolument fixe sont ceux par lesquels les piles des Cantilevers reposent :

1° Sur le pilier sud-est à North-Queensferry;

2° Sur les piliers nord-est à Inch-Garvie et à South-Queensferry. Autour de ces points, tout à fait fixes, la construction peut, sous l'influence des dilatations, prendre des mouvements d'une certaine amplitude.

Si nous considérons l'une des trois piles métalliques principales, reposant sur quatre piliers en maçonnerie, cette pile y prend appui par quatre points absolument fixes, et, en raison des dimensions extrêmes de sa base dans les deux sens, qui sont :

Pour la pile centrale, de (260' × 120') 79,30 m × 36,60 m, et pour les deux autres, de (145' × 120') 44,22 m × 36,60 m, il a fallu prévoir les effets de la dilatation du métal dans cet ensemble qu'on ne pouvait pas sans danger admettre que la construction serait fixée d'une manière rigide sur ses quatre appuis.

Le « skewback » ou tronc, par lequel les colonnes verticales et les pieds des arcs prennent appui sur les piliers, est constitué par l'assemblage de ces colonnes avec les membrures inférieures des [illegible] et les grandes pièces horizontales de la base de la pile, ainsi qu'avec les diverses pièces obliques de contreventement, dans tous les sens. On a ainsi, en cet endroit, la réunion de cinq [illegible] tubulaires et de quatre poutres à caisson, et le coffre, formé de faces planes et courbes et de formes compliquées, qui en résulte, est en outre très fortement armaturé dans les diverses directions, pour résister aux efforts complexes qu'il a à transmettre aux piles. A sa base, ce « skewback » porte une semelle formée de [illegible] d'acier de 100 mm d'épaisseur totale, qui repose elle-même sur une semelle de même épaisseur, ancrée dans la maçonnerie par quarante-huit boulons de (2 1/2") 63,5 mm. A son pourtour, la semelle comporte une bordure formée d'une tôle de 250 mm × 12,5 mm, destinée à former cuvette pour contenir de l'huile, dans le but de permettre les mouvements de glissement. La semelle fixe comporte, sur 50 mm de son épaisseur, un évidement destiné à loger une partie formant saillie et de dimensions moindres, sous la semelle fixée au tronc, qui peut ainsi prendre un certain mouvement relatif. La figure 10 donne le diagramme des [illegible] relatives du logement et de la saillie dans les trois piles principales, la partie hachurée faisant voir le sens dans lequel le mouvement peut avoir lieu.

Pour les boulons de fondation, qui relient d'abord la semelle fixe à la maçonnerie et traversent de plus la semelle mobile, un dispositif analogue et donnant un effet concordant avec celui indiqué ci-dessus, permet à la semelle mobile de se mouvoir par

rapport à leurs écrous supérieurs, comme l'indique la figure 11. Le tronc de chacune des quatre colonnes formant une pile peut ainsi glisser, comme sur un large patin, sur la semelle fixe ; un graissage abondant est prévu pour que le mouvement puisse se produire sans difficultés.

Stabilité des Cantilevers

Pour assurer l'équilibre des Cantilevers sur leur base, même sans charge sur le pont, il fallait déjà prévoir aux extrémités des Cantilevers, du côté de la rive, à North-Queensferry et à South-Queensferry, un contrepoids égal au poids d'une demi-poutre centrale. La surcharge exigeait encore d'augmenter ce contrepoids : on a donc placé à ces extrémités un lest équilibrant les charges qui pouvaient agir à l'autre extrémité du système, d'une importance d'environ 1 000 *t*, laissant encore une marge de 200 *t* en plus. Ces extrémités ayant ainsi, par leur appui sur les piles des bouts des viaducs, une position bien fixe, les extrémités libres ne peuvent se déplacer que par l'effet des flexions résultant de l'élasticité du métal.

Pour la pile centrale d'Inch-Garvie, l'équilibre sans charge est réalisé du fait même de la symétrie ; il n'y avait donc là à envisager que l'effet des surcharges, et le cas le plus défavorable à prévoir était celui de deux trains se trouvant en même temps au milieu de l'une des travées. Comme on ne voulait pas que les ancrages dans les piles eussent à supporter d'efforts, on a dû, pour cette pile, lui donner plus de largeur à la base, pour que l'équilibre n'eût pas de danger d'être rompu dans les cas les plus extrêmes.

Pour tenir compte de la flexion qu'aurait le pont en service, on a décidé de donner aux « Cantilevers » des grandes travées, un relèvement de (10") 254 *mm* à leur extrémité libre, c'est-à-dire que le niveau du rail devait être là de (10") 254 *mm* plus haut qu'au droit des piles, sans charge sur le tablier. Pour réaliser cette forme, on a dû tenir compte de la flexion que prendrait la construction à mesure de l'avancement, et on a, pour cela, établi les pièces comme si elles devaient venir à (20") 508 *mm* au-dessus de l'horizontale. Ce n'est qu'en se guidant sur les calculs qu'on a pu obtenir le résultat désiré.

Adjudication et exécution des travaux.

Adjudication. — La mise en adjudication eut lieu le 21 décembre

1882 Les travaux furent adjugés à Sir Thomas Tancred, W. Arrol et Cie, pour la somme de £ 1 600 000, environ 40 000 000 *f*.

Commencement des travaux. — Les travaux commencèrent dans les premiers mois de l'année 1883. A South-Queensferry, des ateliers complets, munis des machines-outils les plus perfectionnées pour le travail des métaux, et comprenant, entre autres machines remarquables, une presse hydraulique à quatre cylindres, pouvant développer un effort de 1 000 *t*, pour le cintrage des tôles des tubes. Une usine hydraulique avec accumulateur, distribuant la pression à 70 atmosphères dans les ateliers, dans les chantiers et jusqu'à la grande pile sud.

Une usine électrique, faisant fonctionner, en pleine activité, 80 lampes à arc de 3 000 bougies et 500 lampes à incandescence. Les bureaux et logements des ingénieurs et employés de la Compagnie et des entrepreneurs furent également installés sur ce point, ainsi que des logements pour les ouvriers, des cantines, des magasins, une église, etc. Ces ateliers furent réunis par une voie de chemin de fer au North British Railway et à l'estacade conduisant aux piles du viaduc et à la grande pile Sud, par un plan incliné, sur lequel tous les matériaux, arrivant par chemin de fer ou provenant des ateliers, ont été descendus pour être employés ou être chargés sur des bateaux, pour aller à l'île Garvie, et à North-Queensferry.

A l'île Garvie, des estacades très importantes, une usine hydraulique, une usine électrique furent aussi montées.

Il en fut de même à North-Queensferry; enfin on aura une idée de l'importance des installations qui ont été faites et du matériel destiné au travail, quand on saura que tout cela a coûté près de ... millions.

Nature des terrains. — Le terrain qui forme les deux versants et le fond du golfe est composé (fig. 7), du côté de South-Queensferry, de roches schisteuses qui sont apparentes jusqu'à la sixième pile du viaduc; elles sont recouvertes par une couche de vase d'abord, et plus loin par une couche d'argile, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée par les sondages; ces couches se continuent et forment le fond du premier chenal; puis des roches basaltiques émergent dans le milieu et forment l'île d'Inch-Garvie; elles disparaissent de nouveau sous le lit du deuxième chenal, où elles sont recouvertes par la vase et l'argile, et reparaissent sur la rive à North-Queensferry.

Fondation et Maçonnerie des Piles.

Piles des viaducs. — La fondation des piles des viaducs d'approche n'a présenté aucune difficulté, du côté de North-Queensferry : toutes les fondations se trouvent au-dessus du niveau de l'eau, et le sol sur lequel elles ont été construites, était formé de roches basaltiques très dures : il a suffi de régler le terrain et de commencer ensuite la maçonnerie qui est en moellons de basalte et en mortier de ciment; les parements sont en moellons de bossage, en granit d'Aberdeen ; les angles et encadrements sont en pierre de taille de même provenance. Ces piles furent, d'abord. élevées de ce côté à environ 40′(12,20 *m*) au-dessus de l'eau, pour être continuées plus tard comme nous le dirons.

Du côté de South-Queensferry, six des piles ont été fondées à sec sur le rocher; pour les quatre dernières, on a dû avoir recours a des batardeaux, le terrain se trouvant au-dessous de marée basse, et se composant: 1° d'une couche de vase, variant de 2′ à 10 d'épaisseur, puis d'une couche d'argile très dure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée. Les batardeaux étaient formés de deux files de pieux battus jointivement à la sonnette à vapeur ; l'intervalle entre ces deux coffres qui était d'une largeur de 6′ (1,83*m*) fut rempli d'argile ; par des épuisements énergiques, le sol fut mis à sec. nettoyé, et la fondation a été commencée et continuée jusqu'au-dessus de marée haute ; les parements de ces piles sont, comme ceux de North-Queensferry, en granit d'Écosse; la construction de chaque batardeau et pile a duré dix mois; cependant tout a bien marché, aucun accident ne s'est produit. Toutes ces piles ont été laissées à une hauteur de (30′) 9,15 *m* environ au-dessus de marée haute, et ont été ensuite continuées jusqu'à (140′) 42,70 *m* leur hauteur définitive, de la façon que nous indiquerons plus loin.

Piles principales.

Chacune des trois piles principales se compose elle-même de quatre éléments cylindriques en maçonnerie, placés comme l'indiquent les dessins, ayant à la base (70′) 21,35 *m* de diamètre, puis se réduisant à (60′) 18,30 *m*, et enfin à 18′ au-dessus de marée haute, c'est-à-dire au niveau auquel se termine la maçonnerie et où commence la pile métallique, il n'y a plus que (49′) 14,95 *m* : le parements sont en moellons de bossage et en pierre de taille de granit.

Fondations à North-Queensferry.

Trois des éléments de la pile de North-Queensferry n'ont rien ...ente de remarquable en ce qui touche la fondation, le sol ...t du roc et se trouvant au-dessus de l'eau; le quatrième se ...ait en partie à sec et en partie dans l'eau, et le point le plus ... sur le pourtour de la fondation était à (19') 5,80 m sous basse ... (Fig. 12) : on résolut là d'établir un batardeau formé de deux ...gées de pieux armés de forts sabots en fonte, entre lesquelles ... fait une corroi d'argile ; on a pu, non sans de grandes diffi...es, arriver à épuiser à l'intérieur de ce coffrage, pour préparer ...errain et faire ensuite une maçonnerie de blocages à peu près à ... Le travail, jusqu'au jour où on a pu commencer les maçonne...s, a duré seize mois.

Fondations à Inch-Garvie.

Piliers Nord-Est et Nord-Ouest. — Des quatre éléments com...sant la pile, les deux éléments Nord ont été fondés pour ainsi ... à sec, le sol se trouvant en partie au-dessus de l'eau à marée ... mais, comme la surface du rocher avait une forte inclinai... on résolut, pour bien maintenir la maçonnerie inférieure au-...sous de basse mer (Fig. 13), de l'enfermer dans une enceinte ... épousant la forme du sol, à l'intérieur de laquelle le rocher ...ait être taillé en gradins. Cette enceinte était formée d'un an... de (60) 18,30 m de diamètre, composé de trois épaisseurs ... de 12,5 mm, dont l'une, celle du milieu, descendait jusqu'au ... On avait auparavant relevé très exactement le relief du roc ... tout le développement de cette enceinte. Dans les parties de ...rconférence où le roc était au-dessus de (2') 0,60 m sous marée ...e, on creusa une tranchée de (8') 2,44 m de largeur dans le ... jusqu'à cette profondeur pour y faire reposer l'anneau. Quand ...neau fut en place, ainsi que les panneaux de tôle préparés ...alement, qui étaient en contact presque exact avec le terrain, ... fut placé par des plongeurs, à l'extérieur de l'enveloppe, quatre ...uches de sacs de béton, pour former une muraille, en garnis...sant les intervalles d'argile plastique bien bourrée ; à l'intérieur ... l'enceinte furent aussi mis des sacs d'argile appuyés sur des ... de béton ; dans l'intervalle entre ces sacs et la muraille de ..., les plongeurs bourrèrent alors un remplissage en mortier de ...ent, pour faire un joint entre l'anneau, le terrain et les sacs ; de

même que dans la rainure pratiquée dans le rocher aux endroits où le tranchant touchait directement le sol. L'anneau en tôle fut alors surmonté d'un batardeau démontable en tôle, s'élevant à (10′) 3,05 *m* au-dessus.

Pour la pile Nord-Est, on dut faire descendre l'anneau en tôle jusqu'à (8′) 2,44 *m* sous basse mer. Pour la pile Nord-Ouest, l'anneau dut descendre jusqu'à (15′) 4,57 *m* sous basse mer, et cela sur environ moitié du périmètre. Dans ce cas, l'armature dut être renforcée par trois ceintures horizontales en tôle et cornières, contre-butées elles-mêmes par des étais en fer prenant appui sur le roc à leur extrémité. On eut assez de difficultés à assurer l'épuisement à l'intérieur de ce batardeau, et ce travail demandait, avec deux pompes centrifuges fournissant chacune un débit de 6 000 à 7 000 litres par minute, environ une heure à chaque marée descendante.

Quand le batardeau fut bien étanche, on prépara le terrain, et on fit le travail de maçonnerie d'une manière intermittente, en épuisant à chaque marée, à partir de la demi-marée. A chaque marée montante, on laissait l'eau entrer, quand le niveau était près d'atteindre le bord supérieur du batardeau. Il a ainsi fallu neuf mois de travail avant qu'on pût commencer la maçonnerie.

Pile de South-Queensferry. — Les quatre éléments formant la grande pile de South-Queensferry sont fondés sur caissons : les deux du Sud à (71′ et 73′) 21,60 *m* et 22,25 *m*, et les deux Nord à (84′ et 89′) 25,60 *m* et 27,15 *m* sous marée haute.

Les auteurs du projet décidèrent que ces piles seraient fondées à l'aide de l'air comprimé. En relation avec l'un des entrepreneurs, sir Th. Tancred, nous fûmes invité par celui-ci à nous charger de la fondation de ces quatre piles. Les caissons (Fig. 14, 15, 16) ont à la base (70′) 21,34 *m* de diamètre, et 357,35 m^2 de surface : ils sont cylindriques sur une hauteur qui varie de (28′ à 43′) 8,50 *m* à 13,10 *m*, suivant la profondeur à laquelle ils sont descendus ; puis ils affectent la forme tronconique sur (24′) 7,22 *m* de hauteur, avec un diamètre de (60′) 18,29 *m*, c'est ce qui compose le caisson proprement dit, et qui reste lié à la maçonnerie. Sur le sommet du tronc de cône qui se trouve à environ (1′) 0,30 *m* sous marée basse, un batardeau a été boulonné avant le fonçage du caisson ; à l'abri de ce batardeau, la pile a été achevée, puis le batardeau, qui avait (30′) 9,14 *m* de hauteur a été enlevé.

...t le matériel de fonçage et les caissons ont été étudiés par
...ingénieurs anglais ; ils ont des épaisseurs auxquelles nous ne
...mes plus depuis longtemps habitués sur le continent : ces
...ns pèsent plus de 1 000 *kg* par mètre superficiel. Ils ont été
...struits, à leur hauteur entière, sur la rive de South-Queens-
..., puis mis à l'eau par lançage, de la même manière qu'on fait
... les navires ; ils ont été ensuite remorqués et amenés dans
...osition qu'ils devaient occuper. On les a d'abord chargés sur
...abord d'une couche de béton, dont la composition est, comme
... celui employé dans tout le pont, de 1 de ciment, 1,50 de
... et 5 parties de pierre cassée ; comme ces caissons sont à dou-
...paroi, celle intérieure étant espacée de l'autre de (5'6") 1,65 *m*,
...a rempli l'intervalle également avec du béton. Aussitôt que le
...on a touché le fond et qu'il a été suffisamment chargé pour
...as se relever à marée haute en soufflant dans la chambre de
..., les ouvriers sont descendus, par les écluses placées à la
... supérieure au-dessus du niveau de l'eau, dans la chambre
...ravail et ont commencé à déblayer le fond, qui se composait
...rement d'une couche de vase peu résistante variant de 1
...m d'épaisseur, puis d'une couche d'argile entièrement résis-
..., tantôt remplie de rognons de silex, tantôt pure, dont l'é-
...seur n'a pas été déterminée même par des forages poussés
...'à (200') 61 *m*.

...a vase a été évacuée de la chambre de travail, partie par l'air
...rimé qui la refoulait par-dessous le tranchant, partie par
...jecteurs. Quant à l'argile, sa résistance était telle que les
...rs parvenaient à peine à l'entamer avec des outils spéciaux ;
...des essais de désagrégation à la poudre, à la dynamite, à
..., furent-ils faits sans produire aucun résultat ; quand il
...a l'idée du chef de service, de se servir de la pression hy-
...ique qu'il avait sous la main, pour faire fonctionner une *pelle* *...ulique*, qui fut immédiatement construite par M. Arrol (fig. 17).
...elle se composait d'un cylindre en fer, dans lequel circu-
...n piston à l'extrémité de la tige duquel était fixée la bêche.
... la faire fonctionner, on prenait appui sur le plafond de la
...mbre de travail, l'eau introduite poussait le piston et sa bêche
...i pénétrait dans le sol sur une hauteur de 0,30 *m*. D'ob-
...ations faites il résulte que, pour entamer le sol de cette façon,
...fallait un effort sur celui-ci de 60 *kg* par centimètre carré. Les
...eaux d'argile ainsi détachés étaient chargés dans une benne
...rant 0,75 m^3, celle-ci était enlevée dans l'*écluse à déblais*, par

un treuil à vapeur (Fig. 18); au sommet, les deux portes étaient manœuvrées par des pistons hydrauliques, puis la benne était enlevée de l'écluse par une grue à vapeur placée sur le sommet du batardeau (Fig. 19).

Les ouvriers travaillant dans les caissons n'ont pas été incommodés jusqu'au moment où la pression a dépassé deux atmosphères : à partir de ce moment et successivement au fur et à mesure de l'augmentation de pression, ils sont tous devenus malades, la plupart légèrement et quelques-uns gravement, à ce point que les équipes ont dû être renouvelées trois fois ; et cela, malgré les précautions prises, telles que l'éclusage lent pour la sortie, le chauffage des sas, les bains, les heures de travail réduites à trois par poste. La pression a atteint par moments jusqu'à trois atmosphères, et il était grand temps que le travail finisse, car les ouvriers, qui étaient de nationalités française, belge et italienne, n'en pouvaient plus. Le grand malaise que ces ouvriers éprouvaient, doit non seulement être attribué à la pression, mais aussi aux gaz dégagés par le terrain, gaz qui, de temps à autre, s'enflammaient sans cependant produire de détonation.

L'éclairage des chambres de travail était fait par des lampes électriques à incandescence. Le travail de fondation a régulièrement marché, sauf pour le caisson N.-O., auquel est arrivé un accident. Ce caisson n'était pas encore amarré à sa place définitive et était chargé d'environ 2 000 *t*, et, à chaque marée basse, il touchait le fond; à une certaine marée, il est resté collé à la vase; la marée en montant est passée par-dessus la partie supérieure et l'a rempli; à marée descendante, aucun contremaître ni ouvrier ne se trouvant là, car c'était à la Noël; l'eau est restée dans le caisson, elle l'a chargé considérablement; le couteau, du côté du thalweg du chenal, s'est enfoncé dans la vase et le caisson s'est tellement incliné, que sa partie supérieure s'est trouvée sous l'eau, même à marée basse. Cet accident aurait pu être évité, si l'on avait fait écouler l'eau de l'intérieur, à la marée descendante. Il fallut le relever pour le ramener à sa place et le foncer. A la suite d'essais infructueux, le moyen suivant a été employé pour son relevage : autour du caisson, on a descendu au niveau du terrain un anneau en acier d'un diamètre supérieur de 0,30 *m* à celui du caisson; dans cet anneau on a placé des palplanches à rainures et languette tout autour du caisson, formant ainsi comme un immense tonneau qui, quand il a été entretoisé intérieurement, a été capable de

...ster à la pression de l'eau; en épuisant à l'intérieur, le caisson ...s relevé; il a été ramené à sa place et foncé sans difficultés.

Piliers Sud-Est et Sud-Ouest d'Inch-Garvie (Fig. 20 et 21). — Des ...tre éléments composant la pile d'Inch-Garvie, les deux élé-...nts sud qui sont descendus l'un à (75') 22,87 m, l'autre à (82') 25,00 m, sous marée haute, ont présenté le plus de difficultés : la ... basaltique sur laquelle ils sont foncés était fortement incli-..., présentant sur les (70)' 21,34 m, d'un côté à l'autre du cais-..., une différence de niveau de près de 6 m. Le projet qui avait ... adopté et qui avait reçu un commencement d'exécution, ...sistait à construire des caissons sans fond à double paroi, ... intérieure laissant un espace destiné à être rempli de ...n et d'argile, la partie inférieure découpée exactement sui-...t les sinuosités de la roche. Ces caissons, dont la construction ...t commencée, devaient être amenés à leur place par des flot-...rs, puis descendus sur la roche; l'espace annulaire devait être ...pli de béton; à l'extérieur, on devait couler des sacs de béton ...ntre ceux-ci et la tôle du caisson, du ciment liquide, puis épui-... Ce procédé, qui rappelait celui employé par Brunel au pont de ...tash et qui présenta là tant de difficultés, ne semblait pas satis-...re entièrement les Ingénieurs : épuiser sur une hauteur de 22 m ... nu, pour pouvoir aller entailler le fond, afin de ne pas établir ... pile sur un plan incliné, semblait extrêmement chanceux. ...és par sir J. F. Fowler, M.-B. Baker et les constructeurs, à ...ner notre opinion sur ce projet, nous le déconseillions, tout en ...posant de construire les deux éléments au moyen de caissons ... air comprimé, en indiquant un mode d'exécution précis pour ...se et le maintien en place de ces caissons. Notre proposition ... adoptée et nous primes l'engagement d'exécuter à forfait, dans ... huit mois, sous peine d'une forte amende par jour de retard, ... par contre, sous bénéfice d'une prime par jour d'avance, la fon-...tion de ces deux éléments, avec responsabilité entière. Le tra-...l a régulièrement marché et sa durée a été de six mois pour les ...ux.

Voici comment on a procédé : on a rempli de sable environ ...0 000 sacs qui, chargés dans des bateaux, ont été amenés et cou-... pendant les étales de marée haute et de marée basse sur le roc, ... les parties les plus basses à l'emplacement du tranchant du ...sson; un sol artificiel a été ainsi formé et a été élevé jusqu'à 1 m au-dessus du point le plus haut du rocher. Le caisson a été

alors amené à sa place, puis chargé de béton jusqu'à ce que, à marée haute, en soufflant dans la chambre de travail, il ne se relève plus, ce qui, à marée basse donnait sur le tranchant une charge d'environ 2000 *t;* celui-ci vint d'un côté s'appuyer sur le rocher, et, sur la majeure partie de son pourtour, sur les sacs à travers lesquels il pénétra, jusqu'à ce que ceux-ci vinssent rencontrer la banquette de 1 *m* de largeur placée à mi-hauteur des consoles de la chambre du travail; la surface d'appui devenant considérable et la charge sur les sacs n'étant plus que de 2 à 3 *kg* par cm^2, le caisson s'est arrêté et cela tout à fait horizontalement. Les ouvriers sont alors descendus dans la chambre, et le déblai de la roche a été exécuté. Comme nous l'avons dit, cette roche est de basalte : il a fallu la faire sauter à la mine ; les trous ont été percés à l'aide de perforatrices Eclipse mues par l'air comprimé ; l'explosif employé a été la tonite, espèce de coton-poudre, donnant peu de fumée et de gaz, à ce point que les ouvriers se contentaient de se retirer dans la cheminée d'écluse pendant l'explosion des mines. Le feu était mis à celles-ci au moyen de l'électricité, par une dérivation prise sur le courant alimentant les lampes électriques. Le rocher a été enlevé de façon à former, sur toute la surface des caissons, une surface d'appui tout à fait horizontale. Les chambres de travail ont été alors remplies de béton ; la partie supérieure des caissons également et la fondation s'est ainsi trouvée achevée. La partie au-dessus de marée basse a été achevée à l'abri des batardeaux dont nous avons parlé en commençant.

Le travail est représenté sur les figures 20 et 21, qui montrent l'une, la coupe du caisson avant son fonçage, et l'autre, la pile terminée.

Achèvement des Piles du Viaduc. — Les poutres de tablier des viaducs ont été montées et entièrement terminées, quand les piles en maçonnerie avaient atteint la hauteur de (40′) 12,20 *m* au-dessus de l'eau ; on a terminé alors l'élévation de ces piles progressivement et en élevant à mesure le tablier, jusqu'à la hauteur définitive de (150′) 46,25 *m;* ce levage a été fait au moyen de vérins hydrauliques, par étages de (6′) 1,83 *m*, et en prenant chaque fois appui sur la maçonnerie déjà terminée. Ce procédé, qui était très sûr comme exécution, a dû être peu économique, et il aurait sans doute été préférable et plus rapide d'opérer par lançage, pour ces poutres droites, en terminant d'abord les piliers.

Partie métallique.

[illegible] de l'atelier. — Tout l'acier employé dans la construction [illegible] à l'atelier spécial installé auprès du chantier. Tous les [illegible] été forés ; les cornières, plats, tôles ont été coupés à la [illegible] cisailles.

[illegible] des Tubes. — Les tôles d'acier, composant les tubes [illegible] principales, les membres inférieurs des grandes travées [illegible] croisillons comprimés ont été embouties au moyen [illegible] presse hydraulique de 1 000 *t*, refroidies ensuite avec [illegible] de soins, puis chanfreinées à froid sur tout leur pour-[illegible] avaient une longueur de (16'), 4,88 *m*, et une largeur [illegible] 1,295 *m*.

[illegible] le perçage de ces tôles, elles étaient montées, à l'aide de [illegible], sur leur squelette, placé lui-même sur des chantiers [illegible] en bois ; une machine spéciale à huit forets (fig. 22), [illegible] la vapeur et circulant sur les rails de chaque côté du tube, [illegible] le travail de perçage des tôles et membrures assemblées ; [illegible] de ces tôles variait de 0,028 à 0,032 *m*.

[illegible] supérieures. — Les tôles et cornières formant les [illegible] de membrures supérieures, étaient d'abord assemblées [illegible] couvre-joints puis les trous percés à la fois à travers toutes [illegible] à réunir, par une machine à onze forets, qui [illegible] œuvre environ 8 000 *kg* de métal par jour.

[illegible] 23, 24, 25). — Le montage a été commencé sur les [illegible] principales en même temps, en 1886. Les membres [illegible] ont été posés avec les grues, jusqu'à la hauteur de 7 à [illegible] de la maçonnerie. A cette hauteur, une plate-forme [illegible] des membres supérieurs de la pile, fut établie de la façon [illegible] dans chacun des tubes verticaux et transversalement, [illegible] tôles étaient laissées provisoirement à poser, deux grandes [illegible] en acier venaient les traverser et former, avec deux autres [illegible] dans l'autre sens, le cadre de la plate-forme, sur lequel un [illegible] solide était établi ; on vint monter les grues et autres [illegible] nécessaires au montage. Cette plate-forme était élevée [illegible] presses hydrauliques qui, en plusieurs courses, élevaient [illegible] forme de la hauteur d'une tôle. A cette plate-forme, étaient [illegible] les cages de rivetage avec leurs presses hydrauliques, [illegible] avaient, sans déplacement de la cage, river une hauteur de [illegible]

Quand cette plate-forme fut arrivée au sommet des colonnes, elle fut rivée à celles-ci et la pile fut terminée. Le montage des membres inférieurs se fit à l'aide de grues placées sur la partie supérieure et sur la poutre devant porter la voie. Les grues du sommet étaient à vapeur et hydrauliques, elles avaient un poids de 50 *t*; elles mettaient les tôles et cornières des membres inférieurs et supérieurs en place, et servaient à faire avancer les cages à river.

Les croisillons étaient mis en place et rivés de la même façon.

Disposition et montage des poutres des travées centrales.

(Fig. 26, 27, 28, 29, 30.)

Les deux poutres centrales des grandes travées, dont la longueur est de (350'), **106,24** *m*, et les hauteurs au milieu et aux extrémités, respectivement de (50'), **15,25** *m* et (40'), **12,20** *m*, ont été montées par la même méthode que les Cantilevers, en faisant l'avancement en porte-à-faux.

Il est intéressant tout d'abord d'exposer de quelle manière ces poutres reposent sur les extrémités des deux Cantilevers voisins, en vue de permettre les mouvements relatifs qui peuvent se produire, résultant des diverses causes suivantes :

1° La dilatation et la contraction par les changements de température ;

2° Les flexions sous l'action des charges roulantes;

3° Les mouvements transversaux que peuvent prendre séparément les extrémités des Cantilevers, sous l'action du vent, agissant sur l'un des Cantilevers ou sur les deux à la fois; et aussi par l'effet du soleil frappant l'une des faces du pont.

La poutre centrale, du côté de South-Queensferry par exemple, comme il a déjà été dit, est fixée, à un de ses bouts, au Cantilever du côté de la rive, et ne peut ainsi avoir de mouvement longitudinal que par rapport au Cantilever d'Inch-Garvie : elle devait donc être tenue à ses deux extrémités par des moyens différents. A l'extrémité de South-Queensferry, elle repose par sa partie inférieure (fig. 27), sur deux axes horizontaux de (9") **0,229** *m* de diamètre portés par des supports qui peuvent avoir un petit mouvement de glissement circulaire, sur l'extrémité du Cantilever. La raison de ce mouvement est que la poutre est de plus reliée au Cantilever par deux axes verticaux (fig. 28), placés

. . axe du pont, dans les traverses du haut et du bas de la ..., et formant comme une charnière à axe vertical.

A . . xtrémité d'Inch-Garvie, la poutre est reliée aussi au Canti- par deux axes semblables, mais qui peuvent là avoir une ... de 2' (0,61 m), dans des glissières fixées au Cantilever. La .. repose en ce point sur la membrure inférieure du Canti-. par l'intermédiaire de deux poteaux (fig. 26), formant ..., et de toute sa hauteur, qui se terminent à leurs extré- par des têtes sphériques faisant genouillères, qui s'appuient . les sabots correspondants fixés au Cantilever et à la poutre ; ..teaux peuvent osciller dans certaines limites.

. . ..t ainsi que la poutre peut prendre des mouvements dans .. sens, par rapport aux deux Cantilevers qui la supportent.

. r mettre la poutre en place, on a procédé en fixant provi- ..ment ses extrémités aux deux Cantilevers terminés, et en ..ant la moitié de la longueur en porte-à-faux de chaque côté.

. .a partie supérieure, la membrure de la poutre fut reliée a . du Cantilever par quatre forts tirants, chacun d'une section 26" - 2" 1 4 (0,66 × 0,057 m). A la partie inférieure, on a fait ..ser la poutre sur le montant extrême du Cantilever, par des . ..es et des coins d'acier (fig. 26 et 27), au bas de chaque mon- ..., manière à faire relever le milieu de la poutre d'une cer- ..antité (3" 1 2) ou 0,089 m, tout en tenant compte de la .. que prendrait elle-même la moitié de poutre montée en -à-faux.

..and les deux extrémités se sont ainsi présentées l'une en face ..utre, on a d'abord pu réunir les membrures inférieures, et . .. choisissant le moment où la dilatation, par un maximum ..mpérature, a amené les pièces dans la position convenable. . .., la membrure inférieure une fois reliée, la température a ... cette membrure, qui avait une forme arquée vers le haut, . redressée en se contractant, et a permis de retirer les coins .. lesquels elle prenait appui : on a donc pu relier alors les ..brures supérieures, et, en retirant les tirants qui les suppor- ..., faire reposer la poutre sur ses appuis définitifs. On a con- . . après l'achèvement, que la poutre conservait un relèvement .. ..eu de 3" 7 8 (98 mm), et était parfaitement rectiligne en

..r la deuxième poutre centrale, côté North-Queensferry, . procédé de la même manière.

MÉMOIRE

SUR

LA STATIQUE GRAPHIQUE

DES ARCS ÉLASTIQUES (1)

PAR

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT

Dans son beau traité de Statique graphique, M. Maurice Lévy a donné une théorie des arcs élastiques, fondée sur des théorèmes qui peuvent, à volonté, être développés analytiquement ou graphiquement.

De ces théorèmes fondamentaux, il a déduit notamment une construction très simple de cette ligne remarquable à laquelle il a donné le nom de ligne de poussée et qu'il a utilisée pour la recherche des positions défavorables d'un convoi.

Les théorèmes dont il s'agit reposent sur une hypothèse qui consiste à négliger les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, devant celles généralement beaucoup plus importantes dues au moment fléchissant.

Adoptant la même hypothèse, nous avons, dans un travail précédent (2), indiqué une construction des déformations élastiques des pièces courbes assujetties à certaines liaisons, et donné, en ce qui concerne les arcs encastrés, une méthode de détermination des effets des charges fixes, ainsi que des théorèmes qui fournissent

(1) Une analyse de ce Mémoire a été insérée aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences (tome CX, n° du 31 mars 1890), sur la présentation de M. Maurice Lévy.

(2) Mémoire sur les déformations élastiques des pièces et des systèmes de pièces à fibres moyennes planes ou gauches. — Théorie nouvelle et applications. (Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, d'août 1888 et de mars 1889).

...latement un tracé géométrique simple des diverses lignes ...ence relatives à ces arcs.

...pproximation obtenue en négligeant la tension longitudinale ...rt tranchant, est d'ordinaire suffisante en pratique. Cependant ...t des cas, — notamment lorsqu'il s'agit d'arcs surbaissés, — les déformations dues à la tension longitudinale ont une ...tance telle qu'il est nécessaire d'en tenir compte dans les ...s et dans les épures. Aussi avons-nous pensé qu'il y avait ...t, au double point de vue de la théorie et des applications, ...rcher si on ne pourrait, par une modification simple, in... dans les théorèmes dont nous venons de parler, les quan...tuellement négligées, tout en conservant à ces théorèmes ...rme d'ensemble qui se prête si bien aux développements ...ques.

...st l'objet du présent Mémoire.

...ans la première partie de ce Mémoire, nous indiquons la modi...n qui permet l'introduction des déformations dues à la ten...ongitudinale, à l'exclusion de celles dues à l'effort tranchant.

...ans la seconde partie, nous généralisons la méthode en indi... la modification qui permet de tenir compte également des ...mations de l'ordre de l'effort tranchant : les théorèmes ...ent alors une entière rigueur.

...s leur nouvelle forme, approchée ou rigoureuse, ces théo...s peuvent se développer analytiquement ou graphiquement ...a même manière que sous leur forme primitive.

... question quelconque relative aux arcs élastiques est, dès ...s susceptible de trois solutions analogues quant à la méthode, ...différentes quant au degré d'exactitude : la première néglige ...déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de ...rt tranchant; la seconde, plus approchée, ne néglige que les ...mations dues à l'effort tranchant; la troisième est entièrement ...reuse.

...ans les applications, le choix de la solution à adopter sera dé...iné par les conditions particulières au problème posé et par ...roximation qu'on se proposera d'obtenir.

...s formules générales de la déformation élastique contiennent ...ement à chaque section, trois quantités dépendant des forces ...ures; ce sont le moment fléchissant, la tension longitudi...et l'effort tranchant.

...s quantités sont d'ordre d'homogénéité différent, en quelque

sorte d'essence différente : la première est le produit d'une force par une longueur, les autres sont des forces. De là résulte la difficulté, — sinon l'impossibilité, — de les faire intervenir simultanément et au même titre dans des théorèmes ou des constructions géométriques (1).

Aussi les avons-nous remplacées par d'autres quantités analogues entre elles, qui sont les sommes des moments des forces extérieures agissant à droite ou à gauche de chaque section, par rapport à deux ou trois points convenablement choisis.

Cette substitution est le fondement de la théorie que nous allons exposer.

PREMIÈRE PARTIE

Introduction de la tension longitudinale dans les théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

CHAPITRE PREMIER

Expressions nouvelles des déformations élastiques ; conséquences.

§ 1. — Points conjugués et lignes conjuguées

Soient (fig. 1, page 405) :

D le centre de gravité d'une section quelconque d'un arc A B (nous désignerons également cette section par la lettre D) ;

S l'aire de cette section ;

I son moment d'inertie et r son rayon de giration autour d'un axe perpendiculaire au plan de flexion et passant par son centre de gravité.

On a

$$(1) \qquad r^2 = \frac{I}{S}.$$

(1) Un moment ou, plus exactement, un couple peut être cependant considéré comme une force infiniment petite agissant à l'infini ; mais il est clair encore qu'à ce second point de vue un couple ne saurait entrer dans des tracés concuremment avec des forces finies agissant à distance finie.

…dessous et au-dessus de D, portons sur la normale à la ligne …ne, contenue dans le plan de cette ligne, deux longueurs … DH'' égales à r.

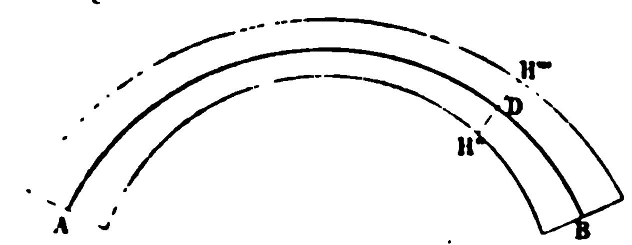


Fig. 1.

… points H' et H'' sont les sommets de l'ellipse centrale d'iner- …a section D.

… les appellerons *points conjugués*.

… répétant la même construction pour toutes les sections de … on obtient, comme lieux des points H' et H'', deux courbes …stantes de la ligne moyenne, auxquelles nous donnerons le … *lignes conjuguées*.

… des points H' sera la ligne conjuguée *inférieure*, celui des … H'', la ligne conjuguée *supérieure*.

… que la ligne moyenne et les deux lignes conjuguées se …spondent point par point et élément par élément.

… points correspondants sont situés sur une même normale à … moyenne.

… éléments correspondants sont compris entre deux normales … moyenne.

Remarque. — Dans un calcul d'avant-projet, on ne connaît pas … et les moments d'inertie des sections ; les rayons de gira- … sont donc inconnus et il en est de même des lignes conju- … Mais on y supplée aisément, en remarquant que les hauteurs h … sections, entre tables, sont généralement des quantités données, … on peut, avec une approximation suffisante, prendre

$$r = \frac{h}{2}.$$

§ 2 — Moments conjugués. — Leurs expressions en fonction du moment fléchissant et de la tension longitudinale.

… M le moment fléchissant et N la tension longitudinale … la section D (fig. 1).

Nous convenons de considérer, dans l'évaluation de ces quantités, les forces extérieures agissant à droite de D. Le sens positif des moments est celui de la rotation des aiguilles d'une montre : le sens positif des tensions longitudinales est celui de la gauche vers la droite de la tangente en D à la ligne moyenne.

Désignons respectivement par $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ les sommes des moments par rapport aux points conjugués H″ et H‴, des forces extérieures appliquées à droite de la section D.

Nous donnerons à $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ le nom de *moments conjugués* en la section D.

$\mathfrak{M}''$ sera le moment conjugué *inférieur*, $\mathfrak{M}'''$, le moment conjugué *supérieur*.

Il est clair que l'on a, en vertu du théorème des moments,

$$\mathfrak{M}'' = M + Nr, \tag{2}$$

$$\mathfrak{M}''' = M - Nr. \tag{3}$$

D'où l'on tire

$$M = \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2}, \tag{4}$$

$$N = \frac{\mathfrak{M}'' - \mathfrak{M}'''}{2r}. \tag{5}$$

§ 3. — Expressions des déformations élastiques en fonction des moments conjugués.

Déplacements linéaires. — Nous avons établi dans un travail précédent (1), que le déplacement élastique d'un point quelconque C d'un arc A B, estimé suivant une direction arbitrairement choisie Δ (fig. 2), était donné par la formule suivante, qui ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant :

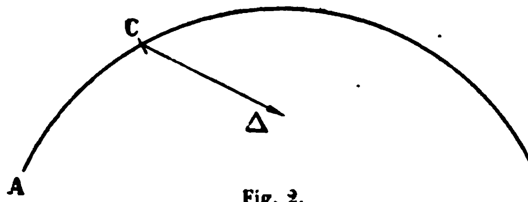


Fig. 2.

$$l = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES}\right) ds. \tag{6}$$

ds désigne un élément quelconque de la ligne moyenne.

(1) *Mémoire sur les déformations élastiques des pièces et des systèmes de pièces à fibres moyennes planes ou gauches* (§ 9). Bulletin de la Société des Ingénieurs civils d'Août 18..

E est le coefficient d'élasticité longitudinale de la matière.

μ et ν représentent le moment fléchissant et la tension longitudinale que produirait, dans chaque section de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, une force auxiliaire égale à l'unité, appliquée en C et ayant la direction Δ.

Désignons par m' et m'' les moments conjugués inférieur et supérieur que cette force auxiliaire produirait dans chaque section. On a, en vertu des relations générales (4) et (5) qui lient les moments conjugués au moment fléchissant et à la tension longitudinale,

$$\mu = \frac{m' + m''}{2},$$

$$\nu = \frac{m' - m''}{2r}.$$

Effectuons dans (6) les substitutions qu'autorisent les formules (5), (7) et (8); il vient

$$t = \int_A^B \left[\frac{(\mathfrak{M}' + \mathfrak{M}'')(m' + m'')}{4EI} + \frac{(\mathfrak{M}' - \mathfrak{M}'')(m' - m'')}{4ESr^2} \right] ds;$$

et, en remplaçant r^2 par sa valeur $\frac{I}{S}$ et simplifiant,

$$t = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m' + \mathfrak{M}''m''}{2EI} ds;$$

enfin, en posant

$$I' = 2I$$

et convenant de représenter indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les moments conjugués $\mathfrak{M}'$ et $\mathfrak{M}''$, et par m' ceux m' et m'', on peut écrire, pour abréger,

$$t = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} ds,$$

étant entendu que $\mathfrak{M}'m'$ tient lieu des deux termes $\mathfrak{M}'m'$ et $\mathfrak{M}''m''$. C'est la formule que nous avions en vue.

On remarquera que I′ n'est autre chose que le moment d'inertie de chaque section par rapport à un axe mené perpendiculairement au plan de flexion, par l'un des deux points conjugués H′ et H″ de cette section. En effet, la distance de ces points au centre de gravité de la section étant égale à r, on a, d'après une propriété connue des moments d'inertie,

$$I_{H'} = I_{H''} = I + Sr^2 = 2I = I'.$$

Déplacements angulaires. — Le déplacement angulaire ou rotation d'une section quelconque C est exprimé par la formule (1)

$$(9) \qquad g = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES} \right) ds,$$

qui ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant.

μ et ν y représentent le moment fléchissant et la tension longitudinale que produirait, en chaque section de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, un couple auxiliaire égal à l'unité, appliqué à la section D et ayant le sens des rotations positives.

En transformant cette formule de la même manière que la formule (6), on obtient

$$(B') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} ds,$$

où m' désigne les moments conjugués, tant inférieur que supérieur, que développerait, en une section quelconque de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, le couple auxiliaire défini précédemment. $\mathfrak{M}'$, E, I', ds ont la même signification que dans (A').

Remarque. — Dans les formules (A') et (B'), nous avons considéré les intégrales comme prises *le long de la ligne moyenne*, et le produit $\mathfrak{M}'m'$ comme représentant la somme $\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m'''$.

On peut se placer à un autre point de vue, qui est utile pour la suite.

Désignons par $d\sigma'$ l'élément de l'une ou l'autre ligne conjuguée, qui correspond à un élément ds de la ligne moyenne. On a identiquement

$$ds = \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma';$$

et, par conséquent

$$l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma'.$$

$$g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma'.$$

(1) Mémoire précité (§ 12).

… peut donc considérer les intégrales comme prises *le long des … lignes conjuguées*, $\mathfrak{M}'m'$ représentant alors les termes $\mathfrak{M}''m''$, $\mathfrak{M}'''m'''$ afférents à l'une et à l'autre de ces lignes, et non plus, … précédemment, la somme $\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m'''$.

…paraison. — Si, dans (6) et (9), on néglige les termes conte… la tension longitudinale, on obtient

$$l = \int_A^B \frac{M\mu}{EI}\, ds,$$

$$y = \int_A^B \frac{Mu}{EI}\, ds.$$

… voit que les formules (A') et (B') qui tiennent compte impli… …ent de la tension longitudinale, sont de même forme et aussi …les que celles (A) et (B) qui négligent cette quantité.

… peut prévoir que l'analogie que nous constatons entre ces … groupes de formules, subsistera dans leurs conséquences res… …tives.

… apparaît, dès maintenant, l'utilité de l'introduction des *…ments conjugués* dans les formules de la déformation.

§ 4 — EXPRESSIONS SYMBOLIQUES DES DÉFORMATIONS ÉLASTIQUES, EN TENANT COMPTE DE LA TENSION LONGITUDINALE.

…ans notre Mémoire précité, nous avons démontré (§§ 32 et 33), … partant des formules approchées (A) et (B), deux théorèmes … résultent des expressions symboliques et des constructions … déformations élastiques. Ces théorèmes négligent la tension … tudinale.

… on reprend textuellement les mêmes raisonnements, mais en … tant, cette fois, des formules (A') et (B'), on est conduit à deux … rèmes analogues aux précédents, mais qui tiennent compte … la tension longitudinale.

… voici les énoncés :

THÉORÈME I

Ancien énoncé négligeant la tension longitudinale.	Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.

Étant donnée une pièce, de ligne moyenne AB (fig. 3, page 410), *sou… … à des forces qui y développent des*

moments fléchissants M,	*moments conjugués* $\mathfrak{M}'$,

et astreinte à des liaisons quelconques, mais telles que, par la suppression des liaisons surabondantes, on peut la ramener à n'être plus assujettie qu'au premier système de liaisons indépendantes de l'élasticité (point F *fixe et point* E *assujetti à demeurer sur une droite* WW'); *si, ayant rapporté cette pièce à deux axes coordonnés, l'un ox parallèle à* WW', *l'autre oy perpendiculaire, on applique aux divers éléments*

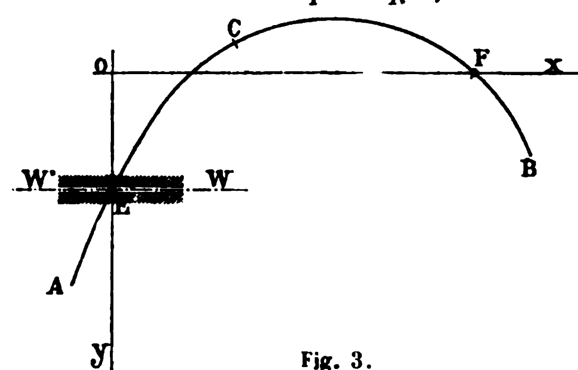


Fig. 3.

ds de la ligne moyenne, des forces fictives	*dσ' des deux lignes conjuguées, des forces fictives*
$\frac{M}{EI}\,ds,$	$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds,$

perpendiculaires à WW' *et dirigées dans le sens des y positifs ou en sens inverse, suivant que*

M	$\mathfrak{M}'$

est lui-même positif ou négatif :

(A). — *En tout point* C *situé entre* A *et* F :

1° *La somme des moments par rapport à* C *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CF, *et de la réaction fictive en* F, *représente, en grandeur et en signe, le déplacement* $(l_y)_c$ *du point* C, *estimé suivant l'axe des y;* en sorte qu'on peut écrire symboliquement :

(I) $(l_y)_c = \overset{C.\bar{F}}{\underset{C}{\mathfrak{M}Y}}\,\frac{M}{EI}\,ds.$	(I') $(l_y)_c = \overset{C.\bar{F}}{\underset{C}{\mathfrak{M}Y}}\,\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds$ (1).

2° *Si on fait tourner de 90° dans le sens rétrograde (sens inverse de la rotation des aiguilles d'une montre), les forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CF, *y compris la réaction fictive en* F, *la somme des moments de ces forces par rapport à* C, *représente, en grandeur et en signe, le déplace-*

(1) Dans ces formules, la lettre placée en indice représente le point par rapport auquel sont pris les moments $\mathfrak{M}Y$ des forces fictives ; les deux lettres supérieures désignent le tronçon d'arc auquel sont afférentes les forces fictives dont il faut prendre les moments, le trait qui surmonte la lettre F indique que la réaction fictive en F fait partie desdites forces fictives.

... du point C, *estimé suivant l'axe des x*; en sorte qu'on peut ...

$$(II) \quad \Delta_x = \int_C^T X \frac{M}{EI} ds. \qquad \text{(II')} \quad \Delta_x = \int_C^T X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$$

La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc ... y compris la réaction fictive en F, représente, en grandeur et au signe près, le déplacement angulaire g de la section C, et nous écrivons :

$$(III) \quad g = -\int_C^T \frac{M}{EI} ds. \qquad \text{(III')} \quad g_c = -\int_C^T \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds \ (1).$$

— *En tout point C situé entre B et E :*

1° *La somme des moments par rapport à C des forces fictives afférentes au tronçon d'arc CE et de la réaction fictive en E, représente, en grandeur au signe près, le déplacement du point C, estimé suivant l'axe des y;* et ... écrivons :

$$(I\ bis) \quad \Delta_y = -\int_C^T Y \frac{M}{EI} ds. \qquad \text{(I' bis)} \quad \Delta_y = -\int_C^T Y \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$$

2° *Si on fait tourner de 90° dans le sens rétrograde, les forces fictives ... tes au tronçon d'arc CE, y compris la réaction fictive en E, la ... des moments de ces forces par rapport à C, représente, en grandeur et au signe près, le déplacement du point C, estimé suivant l'axe des ...* a donc :

$$(II\ bis) \quad \Delta_x = -\int_C^T X \frac{M}{EI} ds. \qquad \text{(II' bis)} \quad \Delta_x = -\int_C^T X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$$

La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc ... y compris la réaction fictive en E, représente, en grandeur et en ..., le déplacement angulaire de la section C; en sorte qu'on a :

$$(III\ bis) \quad g_c = \int_C^T \frac{M}{EI} ds. \qquad \text{(III' bis)} \quad g_c = \int_C^T \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$$

COROLLAIRE. — Le théorème précédent admet un corollaire au ... duquel nous nous bornerons à renvoyer à notre Mémoire ...

(1) L'analogie que présente cette somme de forces fictives avec un effort tranchant ... une poutre droite, nous a conduit à la désigner par la lettre T.

Théorème II

Ancien énoncé négligeant la tension longitudinale.	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donnée une pièce, de ligne moyenne AB (fig. 4), *soumise à des forces qui y développent des*

moments fléchissants M,	*moments conjugués* $\mathfrak{M}'$,

et astreinte à des liaisons quelconques, mais telles qu'on peut, par la suppression des liaisons surabondantes, la ramener à n'être plus assujettie qu'au second système de liaisons indépendantes de l'élasticité (section E *encastrée); si, ayant rapporté cette pièce à deux axes rectangulaires quelconques, ox et oy, on applique aux divers éléments*

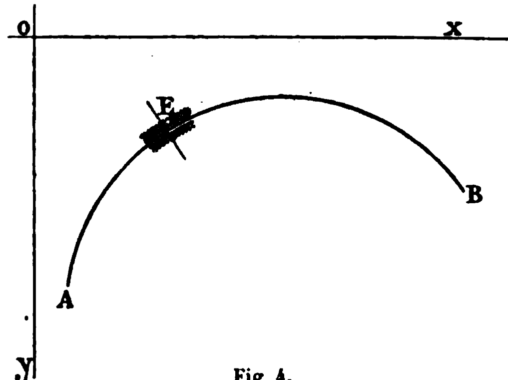


Fig. 4.

ds de la ligne moyenne, des forces fictives $$\frac{M}{EI}\,ds,$$	*dσ′ des deux lignes conjuguées, des forces fictives* $$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds,$$

parallèles à oy et dirigées dans le sens des y positifs ou en sens inverse, suivant que

M	$\mathfrak{M}'$

est positif ou négatif :

(A). — *En tout point* C *situé entre* A *et* E :

1° *La somme des moments par rapport à* C *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E, *représente, en grandeur et en signe, le déplacement* $(l_y)_c$ *du point* C, *estimé suivant la direction oy;* de sorte qu'on a :

(IV) $\quad (l_y)_c = \mathop{\mathcal{M}}\limits_{C}^{C.E} Y \dfrac{M}{EI}\,ds.$	(IV′) $\quad (l_y)_c = \mathop{\mathcal{M}}\limits_{C}^{C.E} Y \dfrac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$

2° *Si on fait tourner de 90°, dans le sens rétrograde, les forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E, *la somme des moments de ces forces par rapport à* C, *représente, en grandeur et en signe, le dépla-*

...ment $(l_x)_c$ du point C, *estimé suivant l'axe des x*; et l'on a, par ...

(V) $(l_x)_c = \sum_{c}^{\varepsilon} X \frac{M}{EI} ds.$ | (V') $(l_x)_c = \sum_{c}^{c,\varepsilon} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$

La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc ... représente, en grandeur et au signe près, le déplacement angulaire de la section C; en sorte qu'on peut écrire :

(VI) $g_c = - \sum_{c}^{\varepsilon} T \frac{M}{EI} ds.$ | (VI') $g_c = - \sum_{c}^{c,\varepsilon} T \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$

— *Pour tout point* C *situé entre* E *et* B, *les propositions précédentes subsistent aux signes près,* de telle sorte qu'on a :

(IV *bis*) $(l_y)_c = - \sum_{c}^{\varepsilon} Y \frac{M}{EI} ds,$ | (IV' *bis*) $(l_y)_c = - \sum_{c}^{c,\varepsilon} Y \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds,$

(V *bis*) $(l_x)_c = - \sum_{c}^{\varepsilon} X \frac{M}{EI} ds,$ | (V' *bis*) $(l_x)_c = - \sum_{c}^{\varepsilon} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds,$

(VI *bis*) $g_c = - \sum_{c}^{\varepsilon} T \frac{M}{EI} ds.$ | (VI' *bis*) $g_c = + \sum_{c}^{c,\varepsilon} T \frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds.$

— Construction des déformations élastiques en tenant compte de la tension longitudinale.

Sous leur nouvelle forme, les théorèmes I et II, alliés aux propriétés des courbes funiculaires des forces parallèles, conduisent immédiatement à des constructions géométriques simples des déformations élastiques, constructions qui tiennent compte de la tension longitudinale.

L'analogie évidente que présentent ces tracés avec ceux indiqués aux paragraphes 34 et 35 de notre Mémoire déjà cité, nous dispensent de nous y arrêter.

Dans l'exécution des épures, on remplacera, bien entendu, les courbes funiculaires correspondant aux forces fictives infiniment petites

$$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{d\sigma}d\sigma = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}ds,$$

par des polygones funiculaires correspondant à des forces fictives égales à

$$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{\Delta s}{\Delta \sigma}\Delta\sigma = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\Delta s,$$

et on divisera la ligne moyenne de la poutre en parties égales.

Aux éléments égaux Δs de cette ligne correspondront des éléments inégaux $\Delta \sigma'$ des lignes conjuguées. C'est aux milieux de ces éléments qu'on appliquera les forces fictives finies sus-indiquées.

On pourra, si l'on veut, remplacer ces points par les points d'intersection des lignes conjuguées avec les normales aux milieux des éléments Δs de la ligne moyenne.

CHAPITRE II

Théorèmes modifiés par l'introduction de la tension longitudinale.

§ 6. — Règle générale.

Revenons aux formules symboliques exprimant les déformations élastiques (§ 4).

On voit que celles qui tiennent compte de la tension longitudinale ne diffèrent de celles qui négligent cette quantité, que par la substitution des efforts fictifs $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds$ appliqués le long des deux lignes conjuguées, aux efforts fictifs $\frac{M}{EI} ds$ appliqués le long de la ligne moyenne.

Cette remarque s'étend évidemment aux conséquences respectives de ces deux groupes de formules. D'où la règle générale suivante :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M}{EI} ds$, *appliquées aux divers éléments ds de la ligne moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds$ *parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments* $d\sigma'$ *des deux lignes conjuguées.*

Ainsi qu'il doit être, on arrive à la même conclusion si, au lieu de substituer, — comme nous l'avons fait, — les moments conjugués, au moment fléchissant et à la tension longitudinale, dans les formules (6) et (9) (§ 3), on porte ces moments dans les formules classiques de la déformation des arcs (1).

(1) Voir la *Note* placée à la fin de ce Mémoire (p. 446).

Nous allons appliquer la règle qui précède à quelques-uns des théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

Ces théorèmes sont puisés : les uns, dans le grand ouvrage de Statique graphique de M. Maurice Lévy, les autres, dans le Mémoire déjà cité sur les déformations élastiques.

Nous mettrons les énoncés modifiés en regard des énoncés originaux.

Arc reposant sur rotules.

§ 7. — Théorème fondamental.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (1).	**Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.**
Si, aux divers éléments ds de la ligne moyenne	*Si, aux divers éléments ds′ des deux lignes conjuguées*

d'un arc de section et d'élasticité constantes ou variables, soumis à des charges quelconques, verticales ou non, et reposant sans encastrement sur deux tourillons fixes A *et* B, *de niveau ou non, on applique des forces fictives*

$\frac{M}{EI}\,ds,$	$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{ds'}\,ds' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI}\,ds,$

parallèles à la corde AB, *dirigées dans un sens arbitrairement convenu ou en sens contraire, suivant que*

M	$\mathfrak{M}'$

est positif ou négatif, leur résultante coïncide avec cette corde.

§ 8. — Expression générale de la poussée.

La corde AB de l'arc étant supposée horizontale et les charges agissantes verticales, soient :

y les ordonnées de la ligne moyenne, mesurées à partir de AB ;

y′ les ordonnées analogues des lignes conjuguées ;

μ les moments fléchissants que les charges produiraient dans l'arc, si les rotules étaient remplacées par des appuis simples horizontaux, c'est-à-dire s'il n'y avait pas de poussée ;

μ' les moments conjugués qui seraient produits dans les mêmes conditions.

(1) Maurice Lévy, *Statique graphique*, 3e partie, § 121.

On déduit facilement du théorème fondamental, les expressions suivantes de la poussée Q :

$$(1) \quad Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu y ds}{EI}}{\int_A^B \frac{y^2 ds}{EI}} \text{ (1)},$$

les intégrales étant prises le long de la ligne moyenne.

$$(1') \quad Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu' y' ds}{EI'}}{\int_A^B \frac{y'^2 ds}{EI'}},$$

les intégrales étant prises le long des deux lignes conjuguées.

La formule (1) néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale ; celle (1') en tient compte.

§ 9. — Ligne de poussée de M. Maurice Lévy.

La proposition suivante, d'où résulte immédiatement une construction géométrique de la *ligne de poussée*, est une conséquence des formules du § 8.

Théorème.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.**

Si un poids mobile unique P *parcourt un arc de section constante ou variable, et qu'en chaque élément*

ds de la ligne moyenne	*dσ' des deux lignes conjuguées*

de l'arc, on applique une force fictive verticale égale à

$\frac{y}{I} ds,$	$\frac{y'}{I'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma' = \frac{y'}{I'} ds,$

force connue, ne dépendant que des dimensions de l'arc, le moment de flexion que ces forces déterminent en une section quelconque de l'arc considéré alors comme reposant librement sur deux appuis horizontaux, représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile, arrivé sur la verticale du centre de gravité de cette section, détermine dans l'arc.

Ce facteur constant a pour valeur

$P : \int_A^B \frac{y^2 ds}{I}$	$P : \int_A^B \frac{y'^2 ds}{I'}$

(1) Maurice Lévy, *Statique graphique*, 3e partie, § 425.
(2) *Statique graphique*, IIIe partie. §§ 429 et 430.

Arc encastré aux deux extrémités.

§ 10. — Théorème fondamental.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (1).	Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.
Si aux divers éléments ds de la [illegible] moyenne	*Si aux divers éléments ds' des lignes conjuguées*

[illegible] un arc de section et d'élasticité constantes ou variables, soumis à des charges que[illegible] conques (verticales ou non) et encastré aux deux extrémités, on applique des forces fictives

$\frac{M}{EI} ds$,	$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'} ds$,

[illegible] à une direction fixe arbitrairement choisie, dans un sens [illegible] ou en sens contraire, suivant que

M	$\mathfrak{M}'$

[illegible] positif ou négatif, ces forces sont en équilibre astatique (c'est-à-dire qu'elles sont en équilibre quelque direction qu'on leur donne).

§ 11. — Expression générale de la poussée.

Définition primitive.	Définition modifiée.

[illegible] AB étant rapporté à deux axes rectangulaires, l'un Ax [illegible]ontal, l'autre Ay vertical, soient :

[illegible] y les coordonnées d'un point [illegible]onque de la ligne moyenne ; [illegible]donnée de ce point *mesu[illegible] à partir d'une droite ab pour [illegible] arbitraire.*	x', y' les coordonnées d'un point quelconque des lignes conjuguées ; y_1' l'ordonnée de ce point *mesurée à partir d'une droite a'b' pour l'instant arbitraire.*
[illegible]ette droite prend le nom de *[illegible] de fermeture de la ligne [illegible]*, si elle est menée de telle [illegible]n que les relations	Nous appellerons cette droite *ligne de fermeture des lignes conjuguées*, si elle est menée de telle façon que les relations
(2) $\int_a^b \frac{y_1}{I} ds = 0,$	(2') $\int_a^b \frac{y_1'}{I'} ds = 0,$
(3) $\int_a^b \frac{y_1}{I} x\, ds = 0,$	(3') $\int_a^b \frac{y_1'}{I'} x'\, ds = 0,$
[illegible]nt satisfaites (2).	soient satisfaites.

(1) Maurice Lévy. *Statique graphique.* IIIᵉ partie, § 416.

(2) Maurice Lévy. *Statique graphique.* IIIᵉ partie, § 420, formules (8). — On re-

Il est facile de démontrer que si la corde A B de l'arc est horizontale, les deux lignes de fermeture ci-dessus définies coïncident.

Cela posé, soient :

μ les moments fléchissants que les charges produiraient dans l'arc, si les rotules étaient remplacées par deux appuis simples horizontaux, c'est-à-dire s'il n'y avait ni poussée ni moments d'encastrements.

μ' les moments conjugués qui seraient produits dans la même hypothèse.

On déduit facilement du théorème fondamental les expressions suivantes de la poussée Q :

(4) $$Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu\, ds}{I} y_1}{\int_A^B \frac{y\, ds}{I} y_1} \text{ (1).}$$

(4') $$Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu' ds}{I'} y_1'}{\int_A^B \frac{y' ds}{I'} y_1'}.$$

La première néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale ; la seconde en tient compte.

§ 12. — Ligne de poussée de M. Maurice Lévy.

La proposition suivante qui fournit immédiatement une construction géométrique de la ligne de poussée, est une conséquence des formules (4) et (4').

Théorème.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.

Si un poids mobile unique P *parcourt un arc de section constante ou variable et qu'en chaque élément*

ds de la ligne moyenne,	*dσ' des lignes conjuguées,*

marquera que dans les dites formules (8), nous avons ici remplacé la notation y' par y_1, et le moment d'inertie I' de la poutre correspondante à l'arc, par sa valeur $I \frac{d\sigma}{ds}$. Cette substitution n'a d'autre but que de faciliter notre exposé comparatif.

(1) Maurice Lévy. *Statique graphique*. IIIe partie. § 454.

(2) Maurice Lévy. *Statique graphique*. IIIe partie. § 455.

on applique une force fictive verticale égale à

$$\frac{y_1}{I} ds.$$

y_1 étant l'ordonnée de cet élément comptée depuis la ligne de fermeture de la ligne moyenne,

$$\frac{y_1'}{I'} \frac{ds}{ds'} ds' = \frac{y_1'}{I'} ds,$$

y_1' étant l'ordonnée de cet élément comptée depuis la ligne de fermeture des lignes conjuguées,

La somme des moments relativement à un point quelconque de la ligne de fermeture, des forces fictives afférentes au tronçon d'arc situé à gauche ou à droite de la section contenant ce point, représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile détermine dans l'arc lorsqu'il arrive sur la verticale de ce même point.

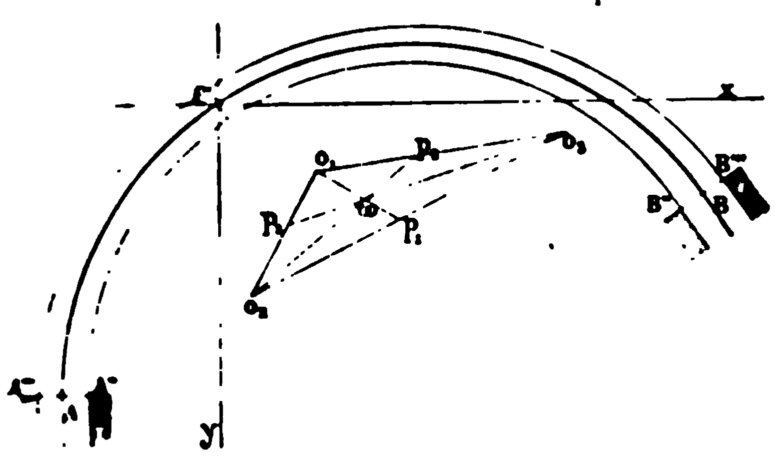
Le facteur constant a pour valeur

$$P : \int_{a}^{b} \frac{yy_1}{I} ds.$$

$$P : \int_{a}^{b} \frac{y'y_1'}{I} ds.$$

§ 13. — Détermination des effets des charges fixes.

Un arc AB (fig. 5), encastré aux deux extrémités, étant soumis à des charges quelconques (verticales ou non), les forces élastiques développées dans une section arbitrairement choisie C, sont réductibles à leur résultante de translation et à un couple.



Soient X et Y les composantes de cette résultante suivant deux axes rectangulaires quelconques Cx et Cy; M l'axe du couple, c'est-à-dire le moment fléchissant en C.

1 Pour ne pas surcharger cette figure, les points désignés dans le texte par les lettres o_1, o_2, p_1, p_2, p_3, ..., n'ont pas été représentés.

Nous avons exposé dans notre Mémoire précité (§ 37) une méthode générale de détermination des quantités X, Y, M, en négligeant les déformations élastiques de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant. Nous allons indiquer les quelques modifications à apporter à cette méthode pour tenir compte de la tension longitudinale.

Définitions primitives.	**Définitions modifiées.**
Soient :	
x et y les coordonnées d'un point quelconque de la ligne moyenne A B,	x' et y' les coordonnées d'un point quelconque des lignes conjuguées A″ B″, A‴ B‴,
par rapport aux axes Cx et Cy.	
Aux divers éléments ds de la ligne moyenne, appliquons successivement :	Aux divers éléments $d\sigma'$ des lignes conjuguées, appliquons successivement :
1° Des forces fictives parallèles $$\frac{b}{I}\,ds,$$	1° Des forces fictives parallèles $$\frac{b}{I'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{b}{I'}\,ds,$$
b désignant une longueur arbitrairement choisie ;	b désignant une longueur arbitrairement choisie ;
2° Des forces fictives parallèles $$\frac{y}{I}\,ds\,;$$	2° Des forces fictives parallèles $$\frac{y'}{I'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{y'}{I'}\,ds\,;$$
3° Des forces fictives parallèles $$\frac{x}{I}\,ds.$$	3° Des forces fictives parallèles $$\frac{x'}{I'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{x'}{I'}\,ds.$$

Nous appellerons :

1° Centre fixe :

Le centre o_1 des forces fictives parallèles $$\frac{bds}{I}$$ appliquées le long de la ligne moyenne.	Le centre o'_1 des forces fictives parallèles $$\frac{bds}{I'}$$ appliquées le long des lignes conjuguées (1).

(1) Il est facile de démontrer que les deux points o_1 et o'_1 coïncident.

2° *Centres correspondants à la section C :*

... centres o_2 et o_3 des forces ... $\frac{y}{I} ds$ et $\frac{x}{I} ds$ ... le long de la ligne ...	Les centre o'_2 et o'_3 des forces fictives : $\frac{y'}{I'} ds$ et $\frac{x'}{I'} ds$ appliquées le long des lignes conjuguées (1).

... points o_1, o_2, o_3 (2), o'_1, o'_2, o'_3 ne dépendent que des dimen... l'arc.

...n est de même, des résultantes des forces fictives

$\frac{b}{I} ds, \frac{y}{I} ds, \frac{x}{I} ds,$	$\frac{b}{I'} ds, \frac{y'}{I'} ds, \frac{x'}{I'} ds,$

...s représenterons respectivement par

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3,$	$\varphi'_1, \varphi'_2, \varphi'_3$ (3).

...s nous maintenant que l'on coupe l'arc suivant la section C. ...x tronçons AC, CB ainsi formés, ne sont assujettis à aucune ...n surabondante ; on peut donc déterminer, sans difficulté, ...ar un calcul soit par un tracé,

...ments fléchissants $\mathfrak{M}'$	les moments conjugués $\mathfrak{M}'$

...s par les charges agissant sur ces tronçons.

...quons aux divers éléments

...gne moyenne,	des lignes conjuguées,

...rces fictives parallèles

$\frac{\mathfrak{M}'}{I} ds.$	$\frac{\mathfrak{M}'}{I'} ds.$

...s appellerons *centre variable* le centre

ω	ω'

...s forces fictives.

...point dépend et des dimensions de l'arc et des charges y ap...ées ; il en est de même de la résultante des forces fictives

$\frac{\mathfrak{M}'}{I} ds.$	$\frac{\mathfrak{M}'}{I'} ds.$

...ous représenterons par

S.	S'.

(1) ...n remarquera que la position des centres correspondants à la section C. varie avec ...ation des axes coordonnés (Cx et Cy.

(2) Dans le mémoire déjà cité, les centres sont désignés par les notations o', o'', o'''. ... nous remplaçons ici les accents par des indices pour faciliter notre exposé ...

(3) Il est aisé de démontrer que φ'_1, ... φ'_3.

Solution du problème posé.

On déterminera, par les procédés indiqués au § 38 de notre Mémoire précité, les centres

$o_1,\ o_2,\ o_3,\ \omega,$ | $o'_1,\ o'_2,\ o'_3,\ \omega',$

et les résultantes fictives

$\varphi_1,\ \varphi_2,\ \varphi_3,\ \mathrm{S}.$ | $\varphi'_1,\ \varphi'_2,\ \varphi'_3,\ \mathrm{S}'.$

Puis on tirera les droites

$o_1o_2,\ o_2o_3,\ o_3o_1,$
$o_1\omega p_1\ o_2\omega p_2,\ o_3\omega p_3.$

$o'_1o'_2,\ o'_2o'_3,\ o'_3o'_1,$
$o'_1\omega'p'_1,\ o'_2\omega'p'_2,\ o'_3\omega'p'_3.$

Enfin, on calculera les inconnues M, X, Y par les formules suivantes (*Mémoire précité*, § 37) :

$$\frac{\mathrm{M}}{b} = -\frac{1}{\varphi_1} \times \frac{p_1\,\omega}{p_1\,o_1}\,\mathrm{S},$$
$$\mathrm{X} = -\frac{1}{\varphi_2} \times \frac{p_2\,\omega}{p_2\,o_2}\,\mathrm{S},$$
$$\mathrm{Y} = +\frac{1}{\varphi_3} \times \frac{p_3\,\omega}{p_3\,o_3}\,\mathrm{S}.$$

$$\frac{\mathrm{M}}{b} = -\frac{1}{\varphi'_1} \times \frac{p'_1\,\omega'}{p'_1o'_1}\,\mathrm{S}',$$
$$\mathrm{X} = -\frac{1}{\varphi'_2} \times \frac{p'_2\,\omega'}{p'_2o'_2}\,\mathrm{S}'.$$
$$\mathrm{Y} = +\frac{1}{\varphi'_3} \times \frac{p'_3\,\omega'}{p'_3o'_3}\,\mathrm{S}'.$$

§ 14. — Théorème relatif aux centres.

Le théorème suivant peut être utilisé pour la construction des centres.

Énoncé primitif (1).

La ligne moyenne de l'arc étant considérée comme une ligne matérielle, dont le poids de chaque élément ds serait

$$\frac{ds}{\mathrm{I}}:$$

1° Les droites $o_1\,o_2$, $o_1\,o_3$, sont les diamètres respectivement conjugués aux directions Cx et Cy, dans l'ellipse centrale d'inertie de la ligne moyenne.

2° La droite $o_2\,o_3$ est l'antipolaire du point C par rapport à cette ellipse.

Énoncé modifié.

Les lignes conjuguées étant considérées comme des lignes matérielles, dont le poids de chaque élément $d\sigma'$ serait

$$\frac{d\sigma'}{\mathrm{I}'}\,\frac{ds}{d\sigma'} = \frac{ds}{\mathrm{I}'}:$$

1° Les droites $o'_1\,o'_2$, $o'_1\,o'_3$ sont les diamètres respectivement conjugués aux directions Cx et Cy dans l'ellipse centrale d'inertie des lignes conjuguées.

2° La droite $o'_2\,o'_3$ est l'antipolaire du point C par rapport à cette ellipse.

(1) Mémoire déjà cité. Note I.

...st facile de démontrer que l'ellipse centrale d'inertie de la ...moyenne et celle des lignes conjuguées sont concentriques.

... — LIGNES D'INFLUENCE DU MOMENT FLÉCHISSANT M EN UNE SECTION C ARBITRAIREMENT CHOISIE, ET DES COMPOSANTES HORIZONTALE X ET VERTICALE Y DE LA RÉSULTANTE DE TRANSLATION DES FORCES ÉLASTIQUES EN CETTE MÊME SECTION.

...tant la ligne moyenne de l'arc, et C le centre de gravité de ...on C arbitrairement choisie, soient deux axes coordonnés ...zontal et Cy vertical (fig. 6).

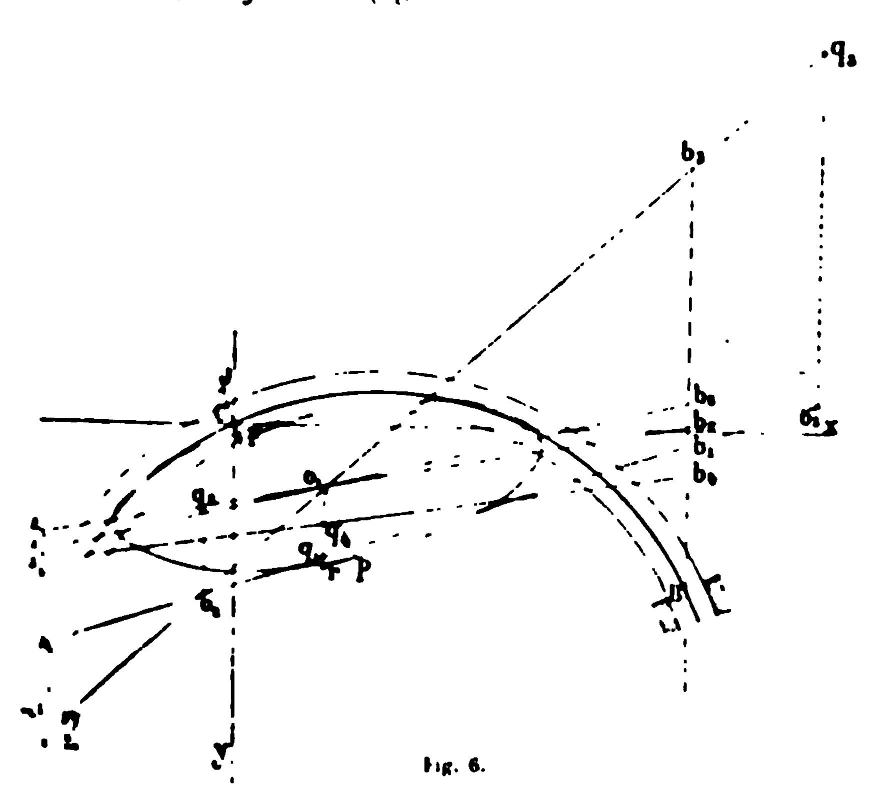


Fig. 6.

...pposons déterminée,

...pse centrale d'inertie de la ...ne moyenne, définie au § 14.

l'ellipse centrale d'inertie des lignes conjuguées, définie au § 14.

Menons dans cette ellipse :

1° L'antipolaire a_1b_1 du point C;	1° L'antipolaire $a_1'b_1'$ du point C (1);
2° Le diamètre a_2b_2 conjugué à la direction Cy;	2° Le diamètre $a_2'b_2'$ conjugué à la direction Cy;
3° Le diamètre a_3b_3 conjugué à la direction Cx.	3° Le diamètre $a_3'b_3'$ conjugué à la direction Cx.

Désignons respectivement par

$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \zeta_3$	$\zeta_1', \quad \zeta_2', \quad \zeta_3'$

les ordonnées verticales des divers points

de la ligne moyenne,	des lignes conjuguées,

mesurées à partir de ces droites.

Les points de concours

$o_1, \quad o_2, \quad o_3$	$o_1, \quad o_2', \quad o_3'$

desdites droites, sont respectivement le centre fixe de l'arc et les centres correspondants à la section C pour les directions d'axes Cx et Cy.

Tirons les verticales

$o_1q_1, \quad o_2q_2, \quad o_3q_3$	$o_1q_1', \quad o_2'q_2', \quad o_3'q_3'$

que nous regarderons comme positives ou comme négatives selon que l'extrémité o se trouvera au-dessus ou au-dessous de l'extrémité q.

Enfin, soient

$(c_1, d_1), \quad (c_2, d_2), \quad (c_3, d_3),$	$(c_1, d_1), \quad (c_2', d_2'), \quad (c_3', d_3').$

les coordonnées des centres

$o_1, \quad o_2, \quad o_3.$	$o_1, \quad o_2', \quad o_3'.$

Cela posé, la triple proposition suivante, alliée aux propriétés des courbes funiculaires, fournit immédiatement la construction des lignes d'influence des quantités M, X et Y afférentes à la section C.

Théorème

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donné un arc AB *encastré à ses extrémités, parcouru par une*

(1) Pour ne pas surcharger la figure 6, nous n'avons tracé que les lignes désignées dans le texte par des lettres sans accent.

(2) Mémoire déjà cité, § 43.

charge mobile verticale P, et une section C arbitrairement choisie de cet arc, si on applique successivement des forces fictives verticales

1° $\frac{y_1}{I} ds$, 2° $\frac{x_1}{I} ds$, 3° $\frac{z_1}{I} ds$, aux divers éléments ds de la ligne moyenne	1° $\frac{y'_1}{I'} ds$, 2° $\frac{x'_2}{I'} ds$, 3° $\frac{z'_3}{I'} ds$, aux divers éléments ds' des lignes conjuguées :

Les sommes des moments par rapport à un point quelconque D de la ligne moyenne, situé entre C et B, des forces fictives ci-dessus, appliquées au tronçon d'arc DB, représentent respectivement, à des facteurs constants près : 1° le moment fléchissant M en la section C; 2° la composante horizontale X de la résultante de translation des forces extérieures en cette section; 3° la composante verticale Y de cette même résultante, lorsque la charge mobile passe au point D.

Les sommes des moments par rapport à un point quelconque D de la ligne moyenne, situé entre A et C, des forces fictives ci-dessus, appliquées au tronçon d'arc DA, représentent respectivement, à des facteurs constants près : 1° le moment M; 2° la composante X; 3° la composante Y, lorsque la charge mobile passe au point D.

Les facteurs constants, dont il faut affecter les sommes de moments en question pour obtenir M, X et Y, ont respectivement les valeurs suivantes :

1° $\pm P : \left[o_1q_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I}\right]$,	1° $\pm P : \left[o_1q'_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'}\right]$,
2° $\pm P : \left[o_2q_2 \times d_1 \int_A^B \frac{ds}{I}\right]$,	2° $\pm P : \left[o_2q'_2 \times d_1 \int_A^B \frac{ds}{I'}\right]$,
3° $\pm P : \left[o_3q_3 \times e_1 \int_A^B \frac{ds}{I}\right]$,	3° $\pm P : \left[o_3q'_3 \times e_1 \int_A^B \frac{ds}{I'}\right]$, (1)

les signes supérieurs correspondant au cas où le point D est entre C et B et les signes inférieurs, au cas où ce point est entre A et C.

D'après nos conventions, la quantité $\int_A^B \frac{ds}{I}$ figurant dans la colonne de gauche, représente la somme des forces fictives $\frac{ds}{I}$ appliquées *aux divers éléments de la ligne moyenne*; la quantité $\int \frac{ds}{I'}$ figurant dans la colonne de droite, représente la somme des forces fictives $\frac{ds}{I'}$ appliquées *aux divers éléments des deux lignes conjuguées*. Ces dernières forces fictives sont deux fois plus nombreuses que les premières, mais leurs intensités sont deux fois moindres puisque $I' = 2I$. On a, par conséquent, $\int_A^B \frac{ds}{I} = \int_A^B \frac{ds}{I'}$.

REMARQUES. — I° La composante X est précisémeut la poussée horizontale de l'arc ; on voit facilement que la partie du théorème précédent qui concerne cette composante, n'est autre chose que la répétition, sous une forme différente, du théorème du § 12 relatif à la poussée.

II° *Pour des sections C différentes, les facteurs 2° et 3° ne changent pas de valeur ; le facteur 1° varie seul d'une section à l'autre.*

III° Si l'arc est de structure symétrique par rapport à la verticale du milieu de sa corde, les forces fictives

$\frac{\zeta_3}{I} ds$	$\frac{\zeta'_3}{I'} ds$

doivent être remplacées par des forces fictives

$\frac{z_3}{I} ds,$	$\frac{z_3}{I'} ds,$

z_3 désignant les ordonnées d'une droite *mn* (fig. 7) faisant un angle de $+ 45°$ avec la partie positive Cx de l'axe des x, et rencontrant cet axe au même point que la verticale de symétrie de l'arc.

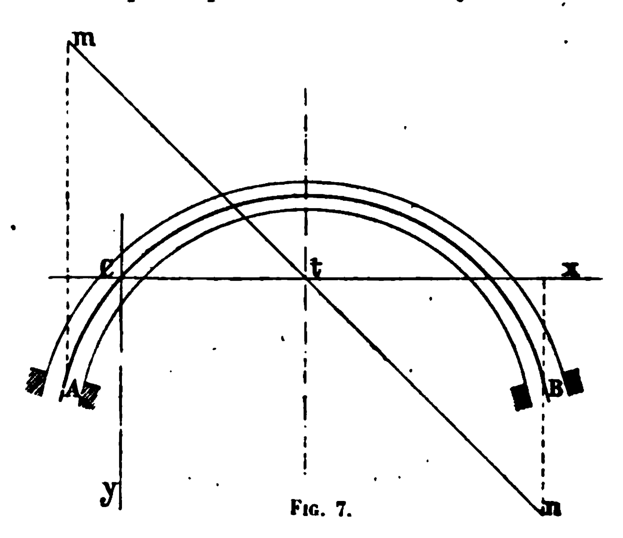


FIG. 7.

Il est sous-entendu que ces ordonnées correspondent aux éléments

ds de la ligne moyenne.	ds' des lignes conjuguées.

Enfin, les facteurs constants 3° doivent être remplacés par les suivants :

$\mp P : \left[(c_1 - c_3)\, c_1 \int^B \frac{ds}{I}\right].$	$\mp P : \left[(c_2 - c'_3)\, c_1 \int_A^B \frac{ds}{I'}\right].$

16. — Ligne d'influence de la tension élastique par unité de surface en un point donné d'une fibre arbitrairement choisie.

Soient :

F le point donné (fig. 6, page 423), C le centre de gravité de la section contenant ce point;

v la distance CF, positive au-dessous de C, négative au-dessus;

S, I, r la section, le moment d'inertie et le rayon de giration de la section C;

J le point situé sur la normale en C à la fibre moyenne et tel que, si on désigne par t la distance CJ positive au-dessous de C, négative au-dessus, on ait

$$vt = -r^2.$$

Dans l'ellipse centrale d'inertie

de la ligne moyenne,	des lignes conjuguées,

traçons l'antipolaire

$a_1 b_1$	$a'_1 b'_1$ (1)

du point J, et désignons par

ζ_1	ζ'_1
les ordonnées verticales de la ligne moyenne,	les ordonnées verticales des lignes conjuguées,

comptées à partir de cette droite.

Menons la verticale

$o_1 q_1$	$o_1 q'_1$ (1)

que nous regarderons comme positive, si elle est au-dessous de o_1, et comme négative dans le cas contraire.

Le théorème suivant conduit immédiatement à une construction géométrique de la ligne d'influence de la tension élastique par unité de surface au point F.

Théorème

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donné un arc AB, encastré à ses extrémités, parcouru par une

(1) Pour ne pas surcharger la figure 6, cette ligne n'a pas été tracée.

(2) Mémoire précité, § 48.

charge mobile verticale P, *et un point* F *d'une section* C *arbitrairement choisie ; si, aux divers éléments*

ds de la ligne moyenne,	*ds' des lignes conjuguées,*

on applique des forces fictives verticales

$\frac{\zeta_1}{I}\, ds,$	$\frac{\zeta'_1}{I'}\, ds,$

I° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* C *et* B, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DB, *représente, à un facteur constant près, la tension élastique développée en* F, *lorsque la charge mobile passe au point* D:

II° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* A *et* C, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DA, *représente, à un facteur constant près, la tension élastique développée en* F, *lorsque la charge mobile passe au point* D.

Le facteur constant dont il faut affecter ces sommes de moments pour obtenir la tension élastique en F, *a pour expression*

$\mp \dfrac{P}{S_c \times t \times o_1 q_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I}}$	$\mp \dfrac{P}{S_c \times t \times o_1 q'_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'}}$
$= \pm \dfrac{Pv}{I_c \times o_1 q_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I}},$	$= \pm \dfrac{Pv}{I_c \times o_1 q'_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'}}.$

les signes supérieurs correspondant au I° *et les signes inférieurs au* II°.

Corollaire. — *Ligne d'influence de la tension longitudinale totale relative à une section arbitrairement choisie.*

En considérant le cas particulier où le point F coïncide avec le centre de gravité C de la section C, on est conduit sans difficulté à la proposition que nous allons énoncer plus loin.

Dans l'ellipse centrale d'inertie

de la ligne moyenne,	des lignes conjuguées,

menons (fig. 6 page 423) :

1° Le diamètre

$a_3\, b_3,$	$a'_3\, b'_3,$ (1)

conjugué à la direction de la normale en C à la ligne moyenne;

(1) Les lignes désignées par des lettres accentuées n'ont pas été tracées sur la figure 6

2° Le demi-diamètre

$o_1 p$.	$o_1 p$.

... à cette normale ;

La tangente

pr en p ;	$p'r'$ en p' ;

... La verticale

$o_1 r$.	$o_1 r$.

...gnons par

ζ	ζ'
...données de la ligne ...nne,	les ordonnées des lignes conjuguées,

...ées à partir de

$a_3 b_3$.	$a'_3 b'_3$.

... aux divers éléments

... la ligne moyenne,	*ds' des lignes conjuguées,*

... ...pique des forces fictives verticales

$\frac{\zeta}{I} ds,$	$\frac{\zeta'}{I'} ds,$

La somme des moments par rapport à un point quelconque D *de ... ligne moyenne, situé entre* C *et* B, *des forces fictives afférentes au ... d'arc* DB, *représente, à un facteur constant près, la tension longitudinale totale développée dans la section* C, *lorsque la charge mobile ... au point* D ;

La somme des moments par rapport à un point quelconque D *de ... ligne moyenne, situé entre* C *et* A, *des forces fictives afférentes au ... d'arc* CA, *représente, à un facteur constant près, la tension ...tudinale totale développée dans la section* C, *lorsque la charge mobile passe au point* D.

Le facteur constant, dont il faut affecter ces sommes de moments, pour ... la tension longitudinale, a pour expression :

$$P : \left[o_1 p \quad o_1 r \quad \int_A^B \frac{ds}{I} \right], \qquad \pm P : \left[o_1 p' \quad o_1 r' \quad \int_A^B \frac{ds}{I'} \right].$$

... signe supérieur correspondant au Ier *et le signe inférieur au* IIe.

Arcs divers.

§ 17.

La règle générale du § 6 est applicable à toute espèce d'arc assujetti à des conditions surabondantes. Les exemples précédents suffisent à montrer comment on devra procéder, dans chaque cas, pour modifier les théorèmes de manière à y introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale.

Nous ne nous arrêterons pas davantage sur ce sujet.

DEUXIÈME PARTIE

Introduction de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

---

§ 18. — Rappel de formules connues.

Déplacements linéaires. — Le déplacement élastique d'un point quelconque C d'un arc AB quelconque, suivant une direction arbitrairement choisie Δ (fig. 8, page 431), est exprimé rigoureusement par la formule suivante (1) :

$$(1) \qquad l = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES} + \frac{T\theta}{GS} \right) ds.$$

M, N, T y représentent le moment fléchissant, la tension longitudinale et l'effort tranchant produits en toute section D de l'arc, par les forces extérieures qui le sollicitent (charges et réactions des appuis).

μ, ν, θ sont les quantités similaires que développerait dans l'arc

(1) Mémoire déjà cité (§ 9).

... ·rait à ses liaisons surabondantes, s'il en existe, une force ... aire s = 1, appliquée au point C et dirigée suivant Δ.

I et S sont le moment d'inertie et l'aire de la section D.

E est le coefficient d'élasticité de la matière dans le sens longi-...al des fibres ; G, le coefficient d'élasticité dans le sens trans-...sal.

En désignant par r le rayon de giration de la section D et en ...sant

$$\frac{E}{G} = \lambda,$$

... écrire

$$l = \int_A^B \frac{M\mu - N\nu r^2 + T\theta\lambda r^2}{EI} ds.$$

Déplacements angulaires. — Le déplacement angulaire ou rota-... d'une section C est exprimé rigoureusement par la même for-...que le déplacement linéaire du point C. Mais μ, ν, θ repré-...ent alors le moment fléchissant, la tension longitudinale et ... tranchant que développerait en toute section D de l'arc ...rait à ses liaisons surabondantes, s'il en existe, un couple ...aire égal à l'unité, appliqué à la section C et ayant le sens ... tations positives.

1... — Expressions nouvelles des déformations élastiques. — Moments conjugués. — Points conjugués.

Déplacements linéaires. — Soient (fig. 8) :

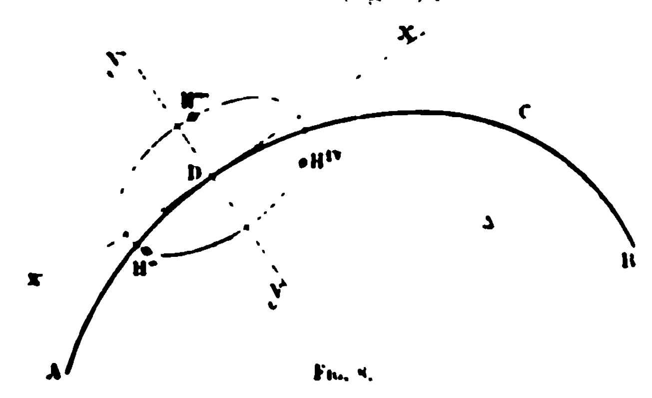


Fig. 8.

... H'', H''' trois points arbitrairement choisis dans le plan de ... moyenne AB de l'arc ;

x'', y'', x''', y''', x^{iv}, y^{iv} les coordonnées de ces points rapportées à la tangente Dx à la ligne moyenne comme axe des abscisses positives, et à la normale Dy comme axe des ordonnées positives:

$\mathfrak{M}''$, $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}^{\text{iv}}$, les sommes des moments des forces extérieures (charges et réactions des appuis) agissant à droite de la section D, pris respectivement par rapport aux points H″, H‴, H^{iv}.

On a, d'après la théorie des moments,

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} \mathfrak{M}'' &= \text{M} + \text{N}y'' - \text{T}x'',\\ \mathfrak{M}''' &= \text{M} + \text{N}y''' - \text{T}x''',\\ \mathfrak{M}^{\text{iv}} &= \text{M} + \text{N}y^{\text{iv}} - \text{T}x^{\text{iv}}.\end{aligned}\right.$$

Soient, en outre, m'', m''', m^{iv} les moments analogues aux précédents, produits par la force auxiliaire $\varphi = 1$ agissant au point C dans les conditions indiquées plus haut (§ 18); on a, comme ci-dessus,

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} m'' &= \mu + \nu y'' - \theta x'',\\ m''' &= \mu + \nu y''' - \theta x''',\\ m^{\text{iv}} &= \mu + \nu y^{\text{iv}} - \theta x^{\text{iv}}.\end{aligned}\right.$$

Nous allons montrer que si, pour chaque section D de l'arc, les trois points H″, H‴, H^{iv} sont convenablement choisis, le déplacement l du point C est exprimé rigoureusement par la formule

$$(\text{A}''_0)\qquad l = \int_{\text{A}}^{\text{B}} \frac{\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m''' + \mathfrak{M}^{\text{iv}}m^{\text{iv}}}{3\text{EI}}\,ds,$$

analogue à la formule approchée (A'_0) du § 3.

A cet effet, dans (A''_0) remplaçons $\mathfrak{M}''$.. m''.. par leurs valeurs (2) et (3), il vient

$$l = \int_{\text{A}}^{\text{B}} \left\{\begin{aligned} &\frac{\text{M}\mu}{\text{EI}} + \frac{\text{N}\nu\,(y''^2 + y'''^2 + y^{\text{iv}2})}{3\text{EI}} + \frac{\text{T}\theta\,(x''^2 + x'''^2 + x^{\text{iv}2})}{3\text{EI}}\\ &+ \frac{(\text{M}\nu + \text{N}\mu)(y'' + y''' + y^{\text{iv}})}{3\text{EI}} - \frac{(\text{M}\theta + \text{T}\mu)(x'' + x''' + x^{\text{iv}})}{3\text{EI}}\\ &- \frac{(\text{N}\theta + \text{T}\nu)\,(x''y'' + x'''y''' + x^{\text{iv}}y^{\text{iv}})}{3\text{EI}}\end{aligned}\right\} ds.$$

Pour que la formule (A''_0) exprime le déplacement élastique l, il faut et il suffit que la formule ci-dessus, qui en découle imme-

...ment, soit identique à celle (1 *bis*) (§ 18) ; ce qui a évidemment ... x', y' ... y'' satisfont aux équations simultanées :

$$y'^2 + y'''^2 + y''^2 = 3r^2,$$

$$x'^2 + x'''^2 + x''^2 = 3\lambda r^2,$$

$$y' + y''' + y'' = 0,$$

$$x' + x''' + x'' = 0,$$

$$x'y' + x'''y''' + x''y'' = 0.$$

... qu'on le verra par la suite, ces équations admettent un ... infini de systèmes de solutions réelles. Il existe donc, pour ... section D de l'arc, une infinité de groupes de trois points H', ... H'', tels que si les moments $\mathfrak{M}'$..., m', m'' sont rapportés à ... points, la formule (A) exprime le déplacement l.

... donnerons aux points constituant l'un quelconque de ces ... le nom de *points conjugués* relatifs à la section D, et nous ... *moments conjugués*, les moments $\mathfrak{M}'$.... m'' rapportés à ... points.

..., $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}''$ seront les moments *conjugués* produits par les ... données appliquées à l'arc.

m', m''', m'' seront les moments *conjugués* produits par la force ... agissant dans les conditions connues.

A chaque section correspond une infinité de groupes de points ... et, par suite, une infinité de groupes de moments con... L'examen des équations précédentes montre que la ... des points conjugués ne dépend que du rayon de gira... de la section et du rapport λ des coefficients d'élasticité.

... pouvons, dire à présent, que le déplacement linéaire l est ... par la formule (A) dans laquelle les lettres $\mathfrak{M}$ et m dési..., pour chaque section de l'arc, deux groupes quelconques de ... conjugués, l'un relatif aux forces appliquées réellement ... arc, l'autre relatif à la force auxiliaire φ.

...placements angulaires. — On démontrerait de même, que le ...acement angulaire d'une section C quelconque est exprimé ... la formule

$$\varphi = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m' + \mathfrak{M}'''m''' + \mathfrak{M}''m''}{3EI}\, ds,$$

m', m''', m'' désignent les moments conjugués produits en cha... section D, par un couple auxiliaire φ = 1 appliqué à la section C ... les conditions indiquées au paragraphe 18.

Avant d'examiner quel groupe de points conjugués il est le plus avantageux, dans les applications, de considérer relativement à chaque section D, nous allons étudier les propriétés de ces points.

§ 20. — Ellipse des points conjugués correspondant a une section quelconque D.

Si, entre les équations (4) ... (8) (§ 19), nous éliminons les coordonnées de deux des points conjugués, ceux H″ et H‴ par exemple, nous obtiendrons une relation entre les coordonnées x^{iv}, y^{iv} du troisième point H^{iv} : ce sera l'équation du lieu de ce point.

Ce lieu est aussi celui des points H″ et H‴, puisque les équations considérées ne sont pas modifiées lorsqu'on y permute, entre eux, les couples d'inconnues (x'', y''), (x''', y'''), $(x^{\text{iv}}, y^{\text{iv}})$.

Effectuons cette élimination.

De (6) on tire

$$y'' + y''' = -y^{\text{iv}}.$$

Élevant au carré et retranchant, membre à membre, de (4), il vient

$$y''\, y''' = y^{\text{iv}2} - \frac{3}{2} r^2.$$

Ces deux relations montrent que y'' et y''' sont les racines de l'équation du second degré en y

$$(9) \qquad y^2 + y^{\text{iv}}\, y + \left(y^{\text{iv}2} - \frac{3}{2} r^2\right) = 0.$$

On verrait de même, en utilisant (5) et (7), que x'' et x''' sont les racines de l'équation en x

$$(10) \qquad x^2 + x^{\text{iv}}\, x + \left(x^{\text{iv}2} - \frac{2}{3} \lambda\, r^2\right) = 0.$$

Désignons par β_1 et β_2 les racines de (9), en spécifiant que β_1 est la racine dans laquelle le radical est précédé du signe $+$; nous avons donc

$$\beta_1 = \frac{-y^{\text{iv}} + \sqrt{3\,(2\,r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2}, \quad \beta_2 = \frac{-y^{\text{iv}} - \sqrt{3\,(2\,r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2}.$$

Comme, jusqu'à présent, rien ne distingue l'une de l'autre les quantités y'' et y''', on peut écrire indifféremment, soit

$$(\text{I}) \qquad y'' = \beta_1, \qquad y''' = \beta_2,$$

soit

$$(\text{II}) \qquad y'' = \beta_2, \qquad y''' = \beta_1.$$

De même, α_1 et α_2 désignant les racines de (10), posons

$$\alpha_1 = \frac{-x'' + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x''^2)}}{2}, \quad \alpha_2 = \frac{-x'' - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x''^2)}}{2}.$$

Comme précédemment, on peut écrire indifféremment, soit

(III) $\qquad x' = \alpha_1, \qquad x''' = \alpha_2,$

soit

(IV) $\qquad x' = \alpha_2, \qquad x''' = \alpha_1.$

Il n'existe, quant à présent, aucune corrélation entre les solutions (I) et (II) de (9) et les solutions (III) et (IV) de (10). Le groupement deux à deux de ces solutions est donc arbitraire, et on peut l'effectuer des quatre manières indiquées dans le tableau suivant :

[illegible]	[illegible] de x'				[illegible] de x'''			
1°	x'	α_1	y'	β_1	x'''	α_2	y'''	β_2
2°	x'	α_1	y'	β_2	x'''	α_2	y'''	β_1
3°	x'	α_2	y'	β_1	x'''	α_1	y'''	β_2
4°	x'	α_2	y'	β_2	x'''	α_1	y'''	β_1

Calculons maintenant, en fonction de α_1, α_2, β_1, β_2, la quantité

$$s = x'y' + x'''y''',$$

qui entre dans l'équation (8), dont nous ne nous sommes pas encore servi.

On vérifie aisément, au moyen du tableau ci-dessus, que s n'a que deux valeurs distinctes, savoir :

$$s_1 = \alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2, \qquad s_2 = \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1.$$

Cela posé, il est facile de former une équation du second degré admettant s_1 et s_2 comme racines, en se fondant sur ce que $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ sont les racines des deux équations du second degré (9) et (10). Elle est la suivante :

$$s^2 - (x''y'')s + (3\lambda r^2 - x''^2)\left(y''^2 - \frac{3}{2}r^2\right) + (3r^2 - y''^2)\left(x''^2 - \frac{3}{2}\lambda r^2\right) = 0 \quad (11).$$

En effet, étant deux équations du second degré quelconques

$$x^2 + px + q = 0, \qquad y^2 + p'y + q' = 0,$$

dont les racines sont respectivement

$$\alpha_1 \text{ et } \alpha_2, \qquad \beta_1 \text{ et } \beta_2;$$

proposons-nous de former l'équation en s ayant pour racines

$$s_1 = \alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2, \qquad s_2 = \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1.$$

ou

$$(11)\quad z^2-(x^{\text{IV}}y^{\text{IV}})z-2x^{\text{IV}2}y^{\text{IV}2}+\frac{9}{2}r^2(x^{\text{IV}2}+\lambda y^{\text{IV}2})-9\lambda r^4=0.$$

D'autre part, l'équation (8) donne

$$x''y''+x'''y'''=-x^{\text{IV}}y^{\text{IV}}$$

ou

$$z=-x^{\text{IV}}y^{\text{IV}}.$$

Portant dans (11) cette valeur de z, il vient, après réduction.

$$(12)\qquad \frac{x^{\text{IV}2}}{2\lambda r^2}+\frac{y^{\text{IV}2}}{2r^2}-1=0.$$

C'est l'équation du lieu du point H^{IV}; elle représente une ellipse rapportée à ses axes Dx et Dy (fig. 8, page 431), dont les demi-longueurs sont

$$a=r\sqrt{2\lambda},\qquad b=r\sqrt{2}.$$

Comme nous l'avons fait remarquer au début, c'est aussi l'équation du lieu des points H″ et H‴.

On peut donc dire finalement que *trois points conjugués quelconques, relatifs à la section* D, *sont assujettis à se trouver sur l'ellipse*

$$(13)\qquad \frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-1=0.$$

§ 21. — Détermination et propriétés géométriques d'un groupe quelconque de points conjugués relatifs a une section donnée.

Si on se fixe sur l'ellipse (13), un des trois points conjugués, H^{IV} par exemple, les coordonnées des deux autres H″ et H‴ résultent immédiatement de la résolution des équations (9) et (10) (§ 20).

On a, d'après une propriété connue,

$$\alpha_1+\alpha_2=-p,\qquad \beta_1+\beta_2=-p';$$

d'où, en multipliant membre à membre,

$$\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2+\alpha_1\beta_2+\alpha_2\beta_1=pp';$$

ou

$$(a)\qquad z_1+z_2=pp'.$$

Formons maintenant le produit z_1z_2; il vient, en groupant convenablement les termes,

$$z_1z_2=(\alpha_1^2+\alpha_2^2)\beta_1\beta_2+(\beta_1^2+\beta_2^2)\alpha_1\alpha_2$$

ou, en vertu de relations connues entre les coefficients et les racines d'une équation du second degré,

$$(b)\qquad z_1z_2=(p^2-2q)q'+(p'^2-2q')q$$

De (a) et (b) on conclut que z_1 et z_2 sont les racines de l'équation

$$z^2-pp'z+(p^2-2q)q'+(p'^2-2q')q=0,$$

qui est celle que nous avions en vue.

...: elles fournissent les quatre systèmes de solutions différents, ...és au tableau de la page 435.

... semble donc, au premier abord, qu'à tout point H''' corres-...nt quatre couples de points H' et H''.

N...s allons établir qu'en réalité il n'en correspond qu'un seul.

...premier lieu, nous remarquons que les solutions 3° et 4° du ...au précédent ne diffèrent respectivement des solutions 2° et 1° ...par la permutation de x' et y' avec x'' et y'', c'est-à-dire de ... H''. Elles ne doivent donc pas être regardées comme ...ctes de celles-ci, qui restent dès lors seules en présence.

...second lieu, nous allons montrer que, suivant la position du ... H''' sur l'ellipse, l'une ou l'autre des solutions 1° ou 2° ...ent seule à la question.

...st l'équation (8) (§ 19), d'où l'on tire

$$(8') \quad x'y' + x''y'' = - x'''y''',$$

... nous servira de criterium.

La solution 1° donne

$$x'y' + x''y'' = \alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2,$$

la solution 2°,

$$x'y' + x''y'' = \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1.$$

...emplaçant les α et les β par leurs valeurs indiquées au § 20, il ...: *pour la solution* 1°,

$$(1) \quad x'y' + x''y'' = -\frac{x'''y'''}{2} + \frac{3}{2}\sqrt{(3\lambda r^2 - x'''^2)(2r^2 - y'''^2)};$$

pour la solution 2°,

$$(2) \quad x'y' + x''y'' = \frac{x'''y'''}{2} - \frac{3}{2}\sqrt{(3\lambda r^2 - x'''^2)(2r^2 - y'''^2)}.$$

...stinguons maintenant deux cas :

1° *Le point* H''' *est dans l'un des deux angles opposés* xDy, $x'Dy'$ (...8, page 431).

Le produit $x'''y'''$ est alors positif, et la relation (8') indique, par ..., que la quantité $x'y' + x''y''$ est négative.

..., d'après (14), à la solution 1° correspond au contraire une ...r positive de $x'y' + x''y''$.

Cette solution doit donc être rejetée, et l'on a, par conséquent,

$$x' = \alpha_1, \qquad y' = \beta_2, \qquad x'' = \alpha_2, \qquad y'' = \beta_1;$$

c'est-à-dire :

$$(16)\begin{cases} x'' = \dfrac{-x^{\text{iv}} + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{\text{iv}2})}}{2}, & y'' = \dfrac{-y^{\text{iv}} - \sqrt{3(2r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2}, \\ x''' = \dfrac{-x^{\text{iv}} - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{\text{iv}2})}}{2}, & y''' = \dfrac{-y^{\text{iv}} + \sqrt{3(2r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2} \end{cases}$$

2° *Le point* H^{iv} *est dans l'un des deux angles opposés* $x\mathrm{D}y'$, $x'\mathrm{D}y$.

Le produit $x^{\text{iv}}y^{\text{iv}}$ est alors négatif, et la relation (8') indique, par suite, que la quantité $x''y'' + x'''y'''$ est positive.

Or, d'après [15], à la solution 2° correspond au contraire une valeur négative de $x''y'' + x'''y'''$. Cette solution doit donc être rejetée et l'on a, par conséquent,

$$x'' = \alpha_1, \qquad y'' = \beta_1, \qquad x''' = \alpha_2, \qquad y''' = \beta_2;$$

c'est-à-dire

$$(17)\begin{cases} x'' = \dfrac{-x^{\text{iv}} + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{\text{iv}2})}}{2}, & y'' = \dfrac{-y^{\text{iv}} + \sqrt{3(2r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2}, \\ x''' = \dfrac{-x^{\text{iv}} - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{\text{iv}2})}}{2}, & y''' = \dfrac{-y^{\text{iv}} - \sqrt{2(2r^2 - y^{\text{iv}2})}}{2}. \end{cases}$$

Nous savons à présent déterminer analytiquement un groupe de points conjugués, l'un d'eux, H^{iv} par exemple, ayant été arbitrairement choisi sur l'ellipse lieu de ces points.

La même détermination peut se faire graphiquement en utilisant la proposition suivante :

Théorème. — *Dans le triangle formé par un groupe quelconque de trois points conjugués : 1° le point de concours des médianes coïncide avec le centre de l'ellipse lieu des points conjugués ; 2° les directions de chaque médiane et du côté correspondant sont conjuguées dans cette ellipse.*

1° En effet, si, d'une manière générale, on donne les trois sommets $(x''\,y'')$, $(x'''\,y''')$, $(x^{\text{iv}}\,y^{\text{iv}})$ d'un triangle, les coordonnées x_0, y_0 du point de concours des médianes de ce triangle sont exprimées par les formules

$$x_0 = \frac{x'' + x''' + x^{\text{iv}}}{3},$$

$$y_0 = \frac{y'' + y''' + y^{\text{iv}}}{3}.$$

Or, les coordonnées de trois points conjugués satisfont aux équations (6) et (7) du § 19, savoir :

$$y'' + y''' + y^{\text{iv}} = 0$$
$$x'' + x''' + x^{\text{iv}} = 0$$

Les coordonnées du point de concours des médianes du triangle ces points sont donc

$$x_0 = 0$$
$$y_0 = 0,$$

Ce qui démontre la première partie du théorème.

Considérons, par exemple, la médiane $H''DK''$ (fig. 9), et le

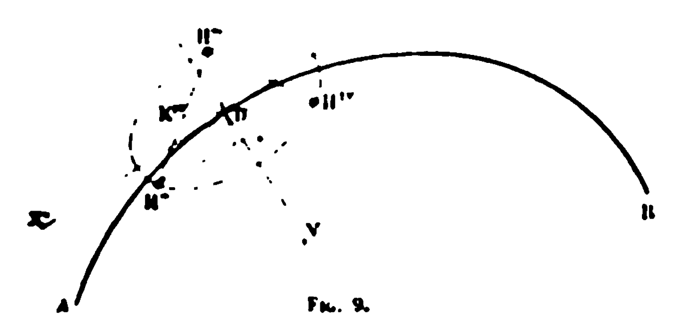


Fig. 9.

côté correspondant $H'H'''$ et supposons, pour fixer les idées, que le point H'' se trouve dans l'angle xDy (1).

Les coordonnées des points H' et H''' sont dans ce cas (§ 21, formule 16)

$$\left\{\begin{aligned} x' &= \frac{-x'' + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x''^2)}}{2}, & y' &= \frac{-y'' - \sqrt{3(2r^2 - y''^2)}}{2}, \\ x''' &= \frac{-x'' - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x''^2)}}{2}, & y''' &= \frac{-y'' + \sqrt{3(2r^2 - y''^2)}}{2}. \end{aligned}\right.$$

Le coefficient angulaire de la médiane $H''DK''$ est

$$m = \frac{y''}{x''}.$$

Celui du côté $H'H'''$ est

$$m_1 = \frac{y' - y'''}{x' - x'''},$$

en vertu des formules (16),

$$m_1 = -\sqrt{\frac{2r^2 - y''^2}{2\lambda r^2 - x''^2}} = -\sqrt{\frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1 - \frac{y''^2}{2r^2}}{1 - \frac{x''^2}{2\lambda r^2}}}.$$

(1) La démonstration resterait la même si H'' se trouvait dans un des autres angles formés par les axes coordonnés.

Mais le point H^{IV} étant sur l'ellipse des points conjugués, on a

$$\frac{x^{\text{IV}2}}{2\lambda r^2}+\frac{y^{\text{IV}2}}{2r^2}-1=0;$$

d'où l'on tire

$$1-\frac{y^{\text{IV}2}}{2r^2}=\frac{x^{\text{IV}2}}{2\lambda r^2} \qquad \text{et} \qquad 1-\frac{x^{\text{IV}2}}{2\lambda r^2}=\frac{y^{\text{IV}2}}{2r^2}.$$

Substituant dans l'expression de m_1, il vient

$$m_1=-\frac{1}{\lambda}\times\frac{x^{\text{IV}}}{y^{\text{IV}}}.$$

Le produit des coefficients angulaires de $H^{\text{IV}}DK^{\text{IV}}$ et de $H''H'''$ est donc

$$mm_1=-\frac{1}{\lambda}.$$

Cette relation est précisément celle qui lie les coefficients angulaires de deux directions conjuguées dans l'ellipse

$$\frac{x^2}{2\lambda r^2}+\frac{y^2}{2r^2}-1=0,$$

lieu des points conjugués. Elle démontre donc le 2° du théorème.

Ce théorème donne immédiatement la solution géométrique du problème suivant :

Etant donné un point, H^{IV} *par exemple, sur l'ellipse des points conjugués, déterminer les deux autres points* H'' *et* H''' *du même groupe.*

On tirera $H^{\text{IV}}D$ (fig. 9, page 439) qu'on prolongera au delà de D; on portera $DK^{\text{IV}}=\frac{DH^{\text{IV}}}{2}$; puis on mènera par K^{IV} une parallèle à la tangente en H^{IV} à l'ellipse; cette parallèle coïncidera avec $H''H'''$ et coupera, par conséquent, l'ellipse aux points cherchés.

Corollaire — *La courbe enveloppe des trois côtés du triangle des points conjugués relatifs à une section donnée de l'arc, est une ellipse semblable à l'ellipse lieu de ces points; le rapport de similitude est égal à* $\frac{1}{2}$. *Cette enveloppe est aussi le lieu des milieux des côtés de ce triangle.*

§ 22. — Lignes conjuguées en général. — Lignes conjuguées principales.

Les groupes de trois points conjugués sont, pour chaque section, en nombre infini. Les moments conjugués entrant dans la formule

... § 19, étant rapportés à ces points, cette formule renferme, ... une infinité d'expressions différentes, mais de même ... des déformations élastiques.

... les applications, il faut, bien entendu, spécifier quel ... de points conjugués on entend considérer relativement ... section. Voici comment :

... une courbe A'' B'' (fig. 10) quelconque, rencontrant les ... des points conjugués relatives aux différentes sections de ... Nous pouvons assujettir les points H'' relatifs à ces sections, à ... sur cette courbe.

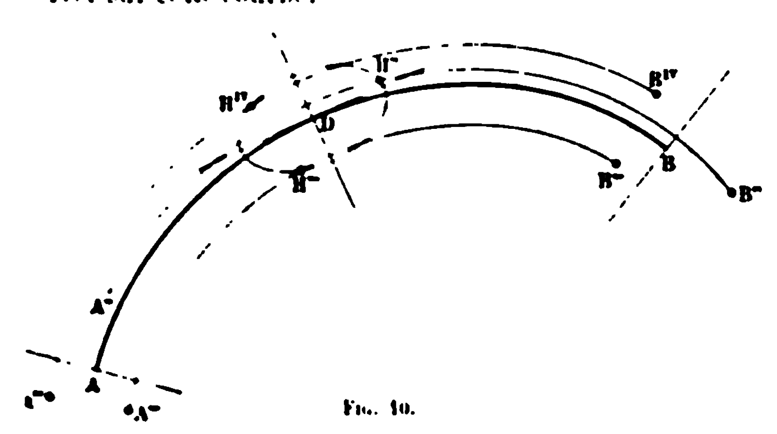


Fig. 10.

... effet, considérons un mobile parcourant A'' B'' dans le sens A'' vers B''; ce mobile pénètre dans l'ellipse correspondant à ... section D quelconque, en un certain point; plaçons-y H''. Les ... points conjugués H' et H''', correspondant à H'', sont définis, ... savons les déterminer soit analytiquement, soit géométriquement (§ 21).

... opérant de même pour les autres sections de l'arc, on obtient ... lieux A'B' et A'''B''' des points H' et H'''.

Nous donnerons aux courbes A'B', A'''B''' et A''B'' le nom de lignes conjuguées de l'arc.

A''B'' ayant été choisie arbitrairement, on voit qu'un arc admet une infinité de lignes conjuguées.

... lignes conjuguées quelconques se correspondent entre ... et avec la ligne moyenne AB, point par point et élément ... élément. Dans la suite, nous désignerons par ds' l'élément ... qui, sur l'une quelconque des trois lignes conjuguées, ... correspond à un élément ds de la ligne moyenne.

... Parmi les différents systèmes de lignes conjuguées, il en est un

dont l'emploi est particulièrement avantageux dans les applications, parce que le tracé en est des plus simples. Plaçons, en effet, pour chaque section telle que D (fig. 11), le point H^{IV} au sommet de

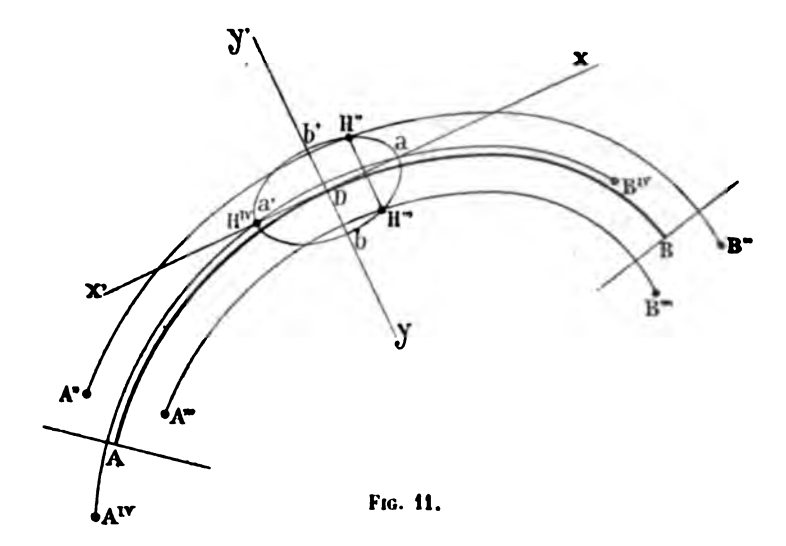


Fig. 11.

gauche a' de l'ellipse des points conjugués correspondant à cette section. En vertu du théorème du § 21, les deux autres points H'' et H''' se trouvent sur une parallèle au petit axe de l'ellipse, menée par le milieu de Da. Les coordonnées des trois points H^{IV}, H''' et H'', sont dès lors, relativement aux axes Dx et Dy :

$$(\text{H}^{\text{IV}}) \qquad x^{\text{IV}} = -r\sqrt{2\lambda}, \qquad y^{\text{IV}} = 0,$$

$$(\text{H}''') \qquad x''' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad y''' = +\frac{r\sqrt{6}}{2},$$

$$(\text{H}'') \qquad x'' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad y'' = -\frac{r\sqrt{6}}{2} \text{ (1)}.$$

Ces points se construisent très facilement au moyen de leurs coordonnées, sans qu'il soit nécessaire de tracer, au préalable, l'ellipse $ab\,a'b'$.

Nous les appellerons *points conjugués principaux* relatifs à la sec-

(1) Pour le fer et l'acier, le rapport λ des coefficients d'élasticité longitudinale et d'élasticité transversale, est généralement considéré comme égal à 3. Les coordonnées des points conjugués principaux sont, dans cette hypothèse :

$$x^{\text{IV}} = -2{,}4490\,r, \qquad y^{\text{IV}} = 0,$$
$$x''' = +1{,}2245\,r, \qquad y''' = +1{,}2245\,r,$$
$$x'' = +1{,}2245\,r, \qquad y'' = -1{,}2245\,r.$$

. D : et les lieux qu'ils décrivent, lorsque le point D décrit la . moyenne, seront les *lignes conjuguées principales* de l'arc. … lignes sont immédiatement connues dès qu'on donne la … moyenne de l'arc, le rayon de giration de chaque section … rapport des coefficients d'élasticité longitudinale et d'élasti… transversale.

Remarque. — En plaçant le point H'' au sommet de droite de … $a\ b\ a'\ b'$, on obtiendrait un second système de lignes con… … principales.

2 . — Règle générale relative à l'introduction de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la statique graphique.

Reprenons les formules (A_0'') et (B_0'') du § 19 :

$$(A'') \qquad t = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m''' + \mathfrak{M}^{v} m^{v}}{3\,I}\, ds,$$

$$(B'') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m''' + \mathfrak{M}^{v} m^{v}}{3\,I}\, ds.$$

… convenons de désigner indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les moments … $\mathfrak{M}''$, $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}^{v}$, et par m' ceux m'', m''', m^{v} ; en outre, po…

$$I' = 3\,I.$$

On peut alors écrire

$$(A') \qquad t = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}' m'}{I'}\, ds,$$

$$(B') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}' m'}{I'}\, ds,$$

… entendu que $\mathfrak{M}' m'$ représente la somme des produits $\mathfrak{M}'' m''$, … $\mathfrak{M}''' m'''$, $\mathfrak{M}^{v} m^{v}$, ou bien encore que les intégrales sont prises le … des trois lignes conjuguées. (Voir § 3. *Remarque.*)

Les expressions rigoureuses (A') et (B') de t et de g sont … tement de même forme que les expressions approchées (A) et (A') et (B'). (§ 3. *Comparaison.*)

On conçoit que l'analogie que nous constatons entre ces formules doit persister dans leurs conséquences.

Pour l'établir, il suffirait d'ailleurs de raisonner comme aux §§ 4 et 6. On arriverait à deux théorèmes semblables à ceux du § 4, théorèmes d'où l'on déduirait immédiatement la règle générale suivante analogue à celle du § 6 :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M}{EI}$ *ds, appliquées aux divers éléments ds de la ligne moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{d\sigma'}d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}ds$*, parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments* $d\sigma'$ *de trois lignes conjuguées (principales ou non) de l'arc.*

On arrive à la même conclusion si, au lieu de substituer — comme nous l'avons fait — les moments conjugués, au moment fléchissant et la tension longitudinale, dans les formules rappelées au § 18, on porte ces moments dans les formules classiques de la déformation des arcs.

§ 24. — Applications et conséquences de la règle générale.

Nous ne suivrons pas cette règle dans ses applications et ses conséquences, comme nous l'avons fait pour la règle analogue du § 6. Nous nous bornerons à renvoyer à la première partie (Chapitre II), en donnant toutefois l'exemple suivant, qui suffira pour fixer les idées.

Ligne de poussée d'un arc reposant sur rotules.

Théorème de M. Maurice Lévy, modifié en vue de l'introduction des déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Traçons trois lignes conjuguées de l'arc (principales ou non).

Soient : $d\sigma'$ un élément d'une quelconque de ces lignes correspondant à un élément ds de la ligne moyenne, y' l'ordonnée de l'élément $d\sigma'$ mesurée à partir de la corde AB de l'arc, que nous supposerons horizontale.

Théorème. — *Si un poids mobile unique* P *parcourt un arc* AB, *de section constante ou variable, reposant sur rotules à ses extrémités, et*

...en *chaque élément* $d\sigma'$ *de trois lignes conjuguées quelconques, principales ou non, on applique une force fictive verticale*

$$\frac{y'}{I'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{y'}{I'}\,ds,$$

...connue, ne dépendant que des dimensions de l'arc, la somme des moments, par rapport à un point quelconque D *de la ligne moyenne, des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DB (ou DA) *et de la réaction ...verticale en* B (ou en A), *représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile arrivé au point* D *détermine dans l'arc.*

Ce facteur constant a pour valeur

$$P : \int_A^B \frac{y'^2\,ds}{I'},$$

l'intégrale étant prise le long des trois lignes conjuguées.

Ce théorème allié aux propriétés connues des courbes funiculaires fournit immédiatement une construction géométrique simple de la ligne de poussée, construction qui tient compte de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

§ 2. — Comparaison entre la méthode exacte et la méthode approchée, négligeant les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Il est clair que, dans la méthode exacte, on peut remplacer, pour chaque élément d'arc DD', les forces fictives $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}ds$, $\frac{\mathfrak{M}''}{EI'}ds$, $\frac{\mathfrak{M}'''}{EI'}ds$, appliquées aux trois points conjugués H', H'', H''' de la section D, par leur résultante

$$\frac{\mathfrak{M}' + \mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{EI'}\,ds,$$

appliquée au centre de ces forces, que nous désignerons par la lettre h.

Les équations (2) (6) et (7) [§ 19] donnent la relation suivante entre les moments conjugués et le moment fléchissant correspondant :

$$\mathfrak{M}' + \mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}''' = 3\,M.$$

D'autre part, nous avons posé précédemment

$$I' = 3\,I.$$

La résultante en question a donc pour valeur

$$\frac{M}{I}\,ds.$$

Son point d'application K dépend des grandeurs relatives des moments conjugués. Il est donc, en général, différent du centre de gravité D de la section, lequel est le centre de gravité du triangle des points conjugués (§ 21, *théorème*); il ne se confond, d'ailleurs, avec ce dernier, que dans le cas particulier où $\mathfrak{M}' = \mathfrak{M}'' = \mathfrak{M}'''$.

On voit, dès lors, que l'erreur commise dans la méthode approchée, c'est-à-dire en négligeant la tension longitudinale et l'effort tranchant, consiste à remplacer, pour chaque élément DD' de l'arc, le point d'application réel K de la résultante fictive $\frac{M}{I}\,ds$, par le centre de gravité D de la section.

NOTE

Transformation des formules classiques de la déformation des pièces courbes, par l'introduction des moments conjugués.

1. — Comme nous l'avons signalé précédemment, les deux règles des §§ 6 et 23, relatives à l'introduction de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique, peuvent s'établir en substituant les *moments conjugués*, au moment fléchissant, à la tension longitudinale et à l'effort tranchant dans les formules classiques de la déformation.

Nous allons effectuer ici les calculs que comporte cette substitution, en supposant qu'on néglige les déformations de l'ordre de l'effort tranchant seulement.

Puis nous indiquerons les formules rigoureuses auxquelles on est conduit si l'on ne néglige aucune déformation.

2. — *Formules ne négligeant que l'effort tranchant.* — Soient (fig. 12, page 447) :

ACB la ligne moyenne d'un arc en équilibre sous l'action de forces quelconques agissant dans le plan de cette ligne;

C_0, C les centres de gravité de deux sections données; D le centre de gravité d'une section quelconque comprise entre C_0 et C (les lettres C_0, C, D désigneront à la fois les centres de gravité et les sections correspondantes);

ξ_0, η_0, ξ, η, x, y les coordonnées des points C_0, C, D par rapport à deux axes rectangulaires ox et oy, arbitrairement choisis dans le plan de la ligne moyenne ;

ds l'élément d'arc de ligne moyenne compris entre le point D et le point D_1 infiniment voisin ;

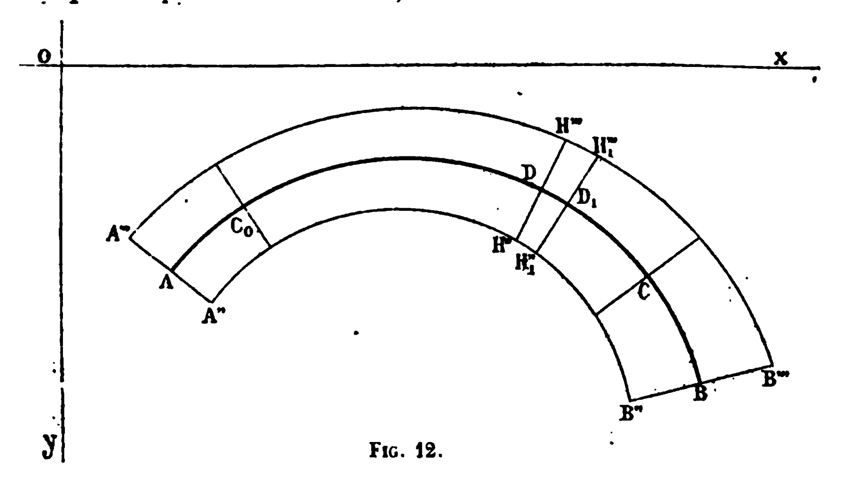


Fig. 12.

α l'angle de l'élément ds avec la partie positive de l'axe des x ;

S l'aire, I le moment d'inertie, r le rayon de giration de la section D ;

M le moment fléchissant et N la tension longitudinale en cette section ;

l_x, l_y les composantes, suivant les axes ox et oy, du déplacement linéaire du point C, g le déplacement angulaire de la section C ;

$(l_x)_0$, $(l_y)_0$, g_0 les quantités analogues, relatives au point et à la section C_0.

Ces six déplacements sont liés entre eux par les équations classiques suivantes, qui ne négligent que les déformations dues à l'effort tranchant :

$$(1)\quad l_x = (l_x)_0 - g_0(\eta - \eta_0) + \int_{C_0}^{C} \frac{N\cos\alpha}{ES}\, ds - \int_{C_0}^{C} \frac{M}{EI}(\eta - y)\, ds;$$

$$(2)\quad l_y = (l_y)_0 + g_0(\xi - \xi_0) + \int_{C_0}^{C} \frac{N\sin\alpha}{ES}\, ds + \int_{C_0}^{C} \frac{M}{EI}(\xi - x)\, ds;$$

$$(3)\quad g = g_0 + \int_{C_0}^{C} \frac{M}{EI}\, ds.$$

Traçons les deux lignes conjuguées $A'' B''$, $A''' B'''$ de l'arc, définies au § 1.

Soient :

H'' et H''' les points conjugués relatifs à la section D ; x'', y'', x''', y''', les coordonnées de ces points ;

$\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ les moments conjugués correspondant à cette section :

M et N sont exprimés en fonction de $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ par les formules (4) et (5) du § 2, savoir :

$$M = \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2}.$$

$$N = \frac{\mathfrak{M}'' - \mathfrak{M}'''}{2r}.$$

D'autre part

$$S = \frac{I}{r^2}.$$

Substituant dans (1) (2) et (3), et groupant convenablement les termes, il vient :

$$l_x = \left\{ \begin{array}{l} (l_x)_0 - g_0 (\eta - \eta_0) - \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI} [\eta - (y + r \cos \alpha)]\, ds \\ - \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI} [\eta - (y - r \cos \alpha)]\, ds ; \end{array} \right.$$

$$l_y = \left\{ \begin{array}{l} (l_y)_0 + g_0 (\xi - \xi_0) + \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI} [\xi - (x - r \sin \alpha)]\, ds \\ + \displaystyle\int_{c_0} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI} [\xi - (x + r \sin \alpha)]\, ds ; \end{array} \right.$$

$$g = g_0 + \int_{c_0} \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2EI}.$$

Mais on a évidemment, entre les coordonnées des points D, H'' et H''', les relations

$$x'' = x - r \sin \alpha, \qquad y'' = y + r \cos \alpha,$$

$$x''' = x + r \sin \alpha, \qquad y''' = y - r \cos \alpha.$$

i ar conséquent

$$= \ldots - g_{\circ} (\eta - \eta_{\circ}) - \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI} (\eta - y'') \, ds - \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI} (\eta - y''') \, ds ;$$

$$\ldots + g_{\circ} (\xi - \xi_{\circ}) - \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI} (\xi - x'') \, ds + \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI} (\xi - x''') \, ds ;$$

$$\ldots + \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2EI} \, ds .$$

[illegible] que nous l'avons déjà fait au § 3, convenons de repré- [illegible] indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les deux moments conjugués [illegible] à chaque section, et par x', y' les coordonnées x'', y'', x''', y''' [illegible] vers points des deux lignes conjuguées. Convenons, en outre, [illegible] sidérer les intégrales comme prises le long de ces deux [illegible] Enfin posons

[illegible] 21.

[illegible] a dès lors, finalement

$$t_{\circ} \ldots (t_{\circ})_{\circ} - g_{\circ} (\eta - \eta_{\circ}) - \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'}{EI} (\eta - y') \ldots$$

$$t_{v} = (t_{v})_{\circ} + g_{\circ} (\xi - \xi_{\circ}) + \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'}{EI} (\xi - x') \, ds ;$$

$$g = g_{\circ} - \int_{s_{\circ}}^{s} \frac{\mathfrak{M}'}{EI} \, ds .$$

[illegible] sont les formules que nous avions en vue.

[illegible] les comparant avec celles qu'on obtiendrait en négligeant [illegible] termes de l'ordre de la tension longitudinale, dans les formules [illegible] ques (1), (2) et (3), on est immédiatement conduit à la règle [illegible] rale du § 6.

[illegible] — *Formules rigoureuses.* — En partant des formules classiques [illegible] (2) et (3) (n° 2), complétées par l'addition d'un terme conte- [illegible] l'effort tranchant, on démontrerait, par une analyse analogue [illegible] exposée au § 19 (2ᵉ partie), que les formules (4), (5) et (6), [illegible] sus, expriment rigoureusement les déformations élastiques [illegible] convient que :

1° x', y' représentent indistinctement les coordonnées des points correspondants de trois lignes conjuguées, principales ou non (§ 22);

2° $\mathfrak{M}'$ représente les moments conjugués (§ 19), rapportés à ces points;

3° I′ désigne le triple des moments d'inertie des sections auxquelles correspondent les moments $\mathfrak{M}'$;

4° Les intégrales sont prises le long des trois lignes conjuguées.

En comparant ces formules avec celles qu'on obtiendrait en négligeant dans les formules classiques, les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, on est immédiatement conduit à la règle générale du § 23.

TABLE DES MATIÈRES

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. BANDÉRALI

PAR

M. V. CONTAMIN

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

... viens, au nom de la Société des Ingénieurs civils, adresser adieu suprême et rendre un dernier hommage à la mémoire ...tre collègue et ami, DAVID BANDÉRALI; dire combien est vive ... émotion en présence de cette tombe si soudainement et si ...naturément ouverte, et exprimer tous les regrets que nous ... la disparation de l'un de nos sociétaires les plus sympathi... et les plus justement aimés et considérés par la loyauté et la ... tion de son caractère.

...es voix autorisées viennent de vous retracer sa carrière d'In... ...eur, si bien remplie, et de vous rappeler les services qu'il a ...us à la grande et puissante Compagnie du chemin de fer du ...d; permettez-moi de ne parler ici que de ses relations avec ... Société et de la part qu'il a prise à nos travaux.

...andérali a été l'un de nos collègues les plus estimés pour la ...té de son intelligence, son extrême affabilité et son dévoue... ...t aux intérêts de notre grande famille d'Ingénieurs, dont il ...t membre depuis 1863. Il lui a rendu de véritables services du ...: de la compétence avec laquelle il l'aidait à préparer ses excur... ...s à l'étranger, et pour la part importante qu'il prenait dans ...anisation des réceptions que nous étions heureux de pouvoir ... aux Ingénieurs des pays voisins.

...onstamment à la recherche des améliorations possibles et à ... de tout nouveau progrès, ne marchandant ni ses fatigues, ... peines, pour aller les étudier là où ils se réalisaient, Ban... ... a été bien certainement l'un des propagateurs les plus

écoutés des transformations successives subies par notre industrie des chemins de fer. Pour ne parler que des communications qu'il nous a faites sur ces sujets spéciaux, qu'il me soit permis de rappeler ses notes et rapports sur les applications de l'électricité et du vide à la manœuvre des freins; puis son rapport sur les communications entre les voyageurs et les agents des trains, que nous considérons comme des documents on ne peut plus intéressants et susceptibles d'être, encore aujourd'hui, consultés avec fruit.

Conférencier attrayant et écouté, aimant vulgariser et répandre par ce moyen les solutions nouvelles données aux problèmes que, dans notre vie industrielle et sociale, nous avons constamment à résoudre, il nous laisse le souvenir de deux communications des plus attrayantes faites à notre Société : l'une, analysant l'ouvrage de M. le comte de Paris sur les Associations ouvrières en Angleterre, et l'autre, rendant compte, de concert avec notre excellent collègue, M. Chabrier, d'un voyage exécuté par des chefs de service de la réunion des chemins de fer en Angleterre.

Le concours qu'il nous à donné l'année dernière, malgré ses nombreuses et multiples occupations, a été tout particulièrement actif et a contribué, pour une grande part, à la bonne impression que notre accueil a laissée aux Ingénieurs anglais et américains. Il a, de ce fait, aidé à augmenter, dans une mesure profitable à la patrie, nos bonnes relations avec les pays étrangers et mérité tous nos remerciements; il les a d'autant plus mérités que ce concours ne nous a été donné qu'au prix de fatigues extrêmes, et ce n'est pas sans un sentiment de profonde tristesse que je me vois obligé de reporter à sa mémoire seule l'expression de toute notre gratitude.

En perdant Bandérali, nous ne perdons pas seulement un collègue éminent par ses qualités professionnelles, mais encore, et surtout, un collègue bon et essentiellement serviable; aussi l'expression de notre peine est-elle unanime et profonde.

Puissent cette universalité de regrets et cette communauté de sympathies apporter quelques consolations à sa pauvre mère éplorée et à sa famille si douloureusement éprouvée; puisse cette manifestation d'estime adoucir, enfin, le chagrin de tous ceux qu'il laisse derrière lui !

Cher collègue et ami, c'est le cœur serré et saisi d'une poignante émotion, qu'au nom de nous tous je t'adresse un dernier adieu: ton souvenir te survivra, ta mémoire restera toujours honorée parmi nous.

CHRONIQUE

N° 124

[illegible] — Les procédés industriels d'impression basés sur la photographie. — Frottement et grissage des [illegible]. — Surveillance des ponts métalliques. — Chemins [illegible] de montagnes en Suisse. — Chemins de fer allemands. — Progrès successifs [illegible] la navigation à vapeur.

Les procédés industriels d'impression basés sur la photographie. — Nous trouvons, dans le Bulletin de la classe d'in[illegible] de la Société des Arts de Genève, une note de M. F. Thevoz sur [illegible] d'impression basés sur la photographie, question qui pré[illegible] intérêt pour les ingénieurs.

[illegible] procédés d'illustration les plus usités de nos jours sont la gravure [illegible] la gravure sur pierre, la gravure sur bois et les nouveaux pro[illegible] d'illustration chimiques par voie photographique.

La gravure sur acier donne de très beaux résultats, mais son prix élevé [illegible] de la pratique journalière. La gravure sur pierre ou lithogra[illegible] est connue de tout le monde; elle a pris depuis quelques années [illegible] grande extension dans le commerce et dans l'industrie, mais un de [illegible] grands défauts est de ne pouvoir être imprimée avec le texte [illegible]graphique, ce qui en diminue considérablement le développement. [illegible] sur bois présente de grands avantages et s'emploie ordinai[illegible] pour l'illustration des livres, journaux, revues, prix-courants, etc.; [illegible] certaine valeur artistique, puisque c'est un artiste qui est [illegible] de reproduire lui-même par son propre talent une planche de[illegible] les résultats obtenus par ce procédé sont assez complets, mais [illegible] défectueux dans la pratique, c'est le temps de fabrication [illegible] ainsi que son prix trop élevé dans une quantité de cas. [illegible] souvent le dessin interprété par le graveur n'est pas exacte[illegible] dans les mêmes idées que celui de l'original remis.

La question de l'illustration étant des plus importantes, elle a été de [illegible] l'objet des recherches de savants professeurs, tels que Sene[illegible] Poitevin, Niepce, L. Vidal, Eder, etc., et tant d'autres connus et [illegible]. Chacun a, par ses recherches approfondies, apporté des élé[illegible] nouveaux qui réunis ensemble ont permis de faire entrer l'illus[illegible] dans une nouvelle phase, tout en résolvant les problèmes qui [illegible]taient.

La photographie a depuis quelques années pris un développement con[illegible]; elle a pénétré dans les procédés d'impression qu'elle a trans[illegible] et modifiés profondément; elle est même devenue indispensable [illegible] sciences où la précision documentaire est nécessaire; elle a été [illegible] le point de départ de méthodes nouvelles qui ont ouvert de nou-

veaux horizons à l'illustration. Aussi ses applications en font-elles un art indispensable à notre siècle.

Poitevin a été le premier à découvrir les principes d'impression aux encres grasses par voie photographique ; il se trouve par ces découvertes que les tirages au charbon, la photo-lithographie, la photo-zincographie, la phototypie, sont des dépendances d'une même action, sur les mêmes substances, préparées à peu près de la même manière tout en ayant cependant des buts différents.

Le principe sur lequel repose l'impression de l'encre grasse sur couche de gélatine est la propriété qu'a la gélatine ou l'albumine bichromatée de se transformer sous l'action des rayons lumineux, de telle sorte qu'elle devient non seulement insoluble, mais même imperméable à l'humidité : elle est comme tannée, cornifiée par l'action de la lumière, tandis que les parties non atteintes par elle, tout en étant coagulées à un certain degré, sont cependant perméables à l'humidité et plus ou moins, suivant que l'action lumineuse a agi avec une plus ou moins grande intensité.

Il est très important, pour arriver à comprendre la base des nouveaux procédés d'illustration, de bien saisir les principes qui viennent d'être indiqués. Dans ce but, prenons deux plaques de verre recouvertes chacune d'une couche de gélatine sensibilisée au bichromate de potasse : exposons une de ces plaques à la lumière du jour et recouvrons-les ensuite toutes deux d'eau : la plaque exposée à la lumière n'acceptera aucune humidité, tandis que la plaque non exposée à la lumière prendra l'eau et se gonflera sous son action. Donc pour que l'effet sur lequel on compte pour obtenir l'image se produise, il faut que la plaque de verre gélatiné soit exposée à la lumière sous un négatif photographique, ensuite mouillée sur toute sa surface. Les parties atteintes par la lumière ou refuseront l'eau ou n'en prendront qu'une partie proportionnelle à l'intensité de l'action lumineuse qui a traversé le négatif photographique, tandis que les parties non modifiées, conservant la faculté d'absorber de l'eau, se gonfleront et se satureront d'humidité.

En passant le rouleau chargé d'encre d'imprimerie sur cette plaque, humide seulement dans les blancs, l'encre s'attachera à toutes les parties sèches et l'on verra apparaître aussitôt un dessin se détachant en noir et possédant identiquement les valeurs du cliché photographique sous lequel la plaque a été exposée à la lumière.

Le principe qui fait la base de ces nouveaux procédés étant maintenant connu, nous allons nous occuper de rechercher quelles en sont les diverses applications pratiques au point de vue de l'illustration.

Nous nous bornerons à examiner en gros les trois principaux cas dans lesquels le principe énoncé ci-dessus est mis en pratique depuis quelques années et dont les résultats sont maintenant parfaitement certains et concluants.

Phototypie. — Les plus grands obstacles au développement de la photographie par les simples tirages sur papier albuminé étaient :

1° Le temps trop prolongé des tirages un peu considérables ;

2° L'altérabilité des épreuves obtenues ;

3° Le prix trop élevé, ce qui en interdisait pour la plupart des cas [illegible] aux commerçants et aux industriels.

[illegible] donc trouver un procédé capable de remplir ces trois conditions :

[illegible], inaltérabilité, bon marché.

La phototypie remplit parfaitement les conditions demandées.

Ce procédé est, comme on l'a déjà indiqué, basé sur la propriété qu'a [illegible] de gélatine bichromatée de se durcir sous l'action de la lumière et cela dans les valeurs exactes du cliché photographique sous [illegible] a été exposée au jour.

[illegible] suivre les diverses manipulations de ce procédé, nous [illegible] les différentes phases de reproduction par la phototypie [illegible] donné.

[illegible] abord nous avons, par un négatif photographique, à reproduire [illegible] d'après nature un original ou une vue quelconque; les clichés [illegible] doivent être aussi bons que possible et contenir tous [illegible] de l'original; ils ne doivent être ni trop durs ni trop doux; [illegible] générale, un cliché donnant un bon résultat en photographie [illegible] également de bonnes épreuves en phototypie.

[illegible] obtenu, on s'occupera de recouvrir une surface plane quelconque d'une couche de gélatine mélangée d'une certaine quantité de [illegible] de potasse; cette couche sera séchée dans une étuve spéciale [illegible] à environ 40 degrés.

[illegible] ensuite la plaque phototypique et on la soumet à la lumière [illegible] négatif photographique; l'image au sortir de cette exposition sera [illegible] visible; on enlève par un lavage de quelques heures à [illegible] le bichromate en suspens dans la couche de gélatine et [illegible] cette planche servira de matrice à un nombre assez considérable d'épreuves tirées sur des machines dans le genre des presses d'im[illegible].

La quantité des épreuves tirées sur ces planches dépend du soin [illegible] par l'imprimeur : il peut varier de 1000 à 3000 tirages; les [illegible] hydrauliques employées par la phototypie sont d'une con[illegible] spéciale, elles peuvent livrer par jour une moyenne de 800 à [illegible] épreuves.

La phototypie est le procédé d'impression dont le genre se rapproche [illegible] de la photographie; elle en donne même l'illusion complète et a [illegible] la supériorité d'un tirage rapide et moins coûteux, qui n'est pas [illegible] aux influences et aux caprices du temps; de plus, qualité essen[illegible] épreuves obtenues sont durables et inaltérables.

La phototypie, ayant pour base la photographie, illustre d'une manière [illegible] et reproduit avec une finesse et une douceur très grandes jus[illegible] demi-teintes; elle peut se tirer dans toutes les couleurs et se prête [illegible] les usages auxquels s'appliquent la lithographie et la chromolithographie.

La photozincographie. — La zincographie est la préparation de clichés [illegible], en relief, pour l'impression typographique; ce procédé remplace [illegible] sur bois d'une manière pratique et donne de belles illustra-

tions, non seulement plus rapidement, mais aussi bien meilleur marché, par la suppression du travail du graveur.

Les clichés sur zinc peuvent être obtenus de plusieurs manières, mais plus particulièrement, soit par le report direct sur zinc de dessins autographiques, soit par le report au moyen de clichés photographiques. C'est dans son application avec l'aide de la photographie que le procédé sur zinc offre les plus grands avantages.

Le même principe que pour la phototypie sert de base à la zincographie. Après avoir plané et poli une plaque de zinc, on la recouvre d'une légère couche d'albumine sensibilisée avec du bichromate de potasse; la plaque une fois séchée est exposée à la lumière sous un négatif photographique; l'action de la lumière est la même que sur la couche de gélatine. La plaque une fois insolée est encrée avec une encre spéciale, puis plongée dans une cuvette contenant de l'eau, le dessin se dégage au bout de quelques instants parfaitement pur et semblable à l'original reproduit.

On obtient donc la reproduction exacte de l'original sur le zinc en encre noire très épaisse, cette encre est renforcée par une couche d'asphalte et de colophane. Le cliché est ensuite creusé par des acides très mordants qui rongent le zinc dans toutes ses parties non recouvertes par l'encre. Au sortir du creusage, nous obtenons un dessin se détachant en relief sur la plaque de zinc; ce relief s'accentue par différentes morsures successives jusqu'à ce que les parties qui doivent rester blanches dans l'impression soient assez profondes pour ne pas permettre aux rouleaux de maculer ces parties.

La plaque de zinc est ensuite montée sur un bloc de bois, de manière que sa hauteur totale soit égale à celle des caractères d'imprimerie, soit **23 *mm*.**

On a donc bien par ce moyen un bloc avec dessin en relief susceptible d'être tiré directement avec le texte sur des presses typographiques.

On appelle ***autotypie*** la reproduction en planches typographiques d'objets, vues, tableaux, aquarelles relevés directement par la photographie sans le concours du dessinateur. Ce procédé présente des avantages importants : la fidélité de la reproduction, la promptitude d'exécution et surtout une grande économie; il est très probable que l'autotypie, en se perfectionnant encore davantage donnera dans la pratique des résultats supérieurs à la gravure sur bois. De grandes maisons en Autriche, en Allemagne et en France exploitent avantageusement ce procédé; tout le monde connait les produits de la maison Boussod et Valadon, successeurs de Goupil, dans le ***Figaro illustré.***

La photo-zincographie se recommande surtout pour la reproduction de dessins originaux, car c'est là qu'éclate sa grande supériorité sur la gravure sur bois : en effet, il n'est pas rare de voir un dessin compris et exécuté par le graveur sur bois tout autrement que l'artiste l'avait conçu. Dans la photo-zincographie le dessinateur de l'original est en même temps le créateur de l'image reproduite.

Il est vrai que, pour un dessin destiné à la reproduction sur zinc, l'artiste doit s'astreindre à certaines règles, de l'observation exacte desquelles dépend au premier rang la bonne réussite du cliché; mais ces

[illegible] sont d'une nature qui permet à l'artiste de s'y plier facilement. [illegible] les impressions en plusieurs couleurs, la zincographie se re[illegible] d'elle-même, puisque par le report du négatif photographique [illegible] grande exactitude dans le repérage des couleurs est garantie.

La photo-lithographie. — Enfin, comme troisième application du prin[illegible] au commencement de cette note, la photographie a modifié [illegible] quelques cas spéciaux les procédés de la lithographie.

[illegible] arrive souvent que les lithographes ont à reproduire des dessins ou [illegible] gravures dont les pierres n'existent plus : la photo-lithographie re[illegible] manière exacte et parfaite l'image, et cela sans le secours du [illegible], le travail est, par ce fait, plus rapide, plus fidèle et de [illegible] meilleur marché.

La photo-lithographie a encore un immense avantage pour la repro[illegible] en agrandissement ou en réduction d'un original donné; elle [illegible] un travail d'une finesse remarquable tout en conservant au des[illegible] exactitude que le procédé par le caoutchouc ne peut atteindre.

Le procédé est basé sur les mêmes principes que les deux autres qui [illegible] indiqués précédemment.

[illegible] papier sensibilisé au bichromate de potasse est insolé sous un [illegible] photographique; la lumière agit en raison de sa vigueur sur la [illegible] et donne, comme dans les deux autres procédés, une surface sur [illegible] un corps gras tel que l'encre d'imprimerie ne s'attachera que [illegible] parties attaquées par la lumière. Au lieu d'encrer cette feuille [illegible] papier gélatiné avec de l'encre d'imprimerie ordinaire on se sert [illegible] à report, et on obtient ainsi un dessin susceptible d'être reporté [illegible] sur pierre et tiré ensuite comme la lithographie ordinaire.

Les procédés nouveaux employés pour l'illustration par leur précision, [illegible] rapidité et surtout leur bas prix, la mettent à la portée de tout le [illegible], ils offrent ainsi de grands avantages, non seulement aux artistes [illegible] la reproduction de leurs œuvres et aux éditeurs en leur facilitant [illegible]stration des livres, mais encore aux industriels et aux commerçants [illegible] l'illustration de leurs prospectus et prix courants.

Faut-il insister aussi sur les services que ces procédés peuvent rendre [illegible] enseignement, à la science, à l'art décoratif et architectural? Les le[illegible] de choses si recommandées pour l'enfance seront faciles avec des [illegible] exactes et nombreuses; les progrès dans la mécanique, les [illegible] géologiques et archéologiques, les grands projets de con[illegible] ou de décoration pourront se vulgariser par des reproductions [illegible], enfin, dans tous les domaines, l'illustration peut rendre de [illegible] services.

Frottement et graissage des coussinets. — M. J. Goodmann, [illegible] de mécanique au Yorkshire College, à Leeds, a lu à l'Asso[illegible] des Ingénieurs de Manchester un mémoire sur le frottement et [illegible] des coussinets, lequel contient des aperçus qu'il est utile de [illegible].

Les conditions qui font varier le frottement entre des surfaces lubri[illegible] sont : 1° la pression qu'exercent l'une sur l'autre les surfaces en [illegible], 2° la vitesse du déplacement de ces surfaces l'une par rapport

à l'autre ; 3° la température des surfaces ; 4° la forme des coussinets ; 5° le mode de graissage ; 6° la nature des surfaces en contact, c'est-à-dire les matières dont elles sont composées ; 7° la durée de la pression d'une surface sur l'autre ; 8° la nature du lubrifiant, c'est-à-dire ses propriétés physiques.

Le frottement, d'après les expériences de l'auteur, diminue avec la vitesse, mais jusqu'à une certaine vitesse seulement et pour des charges modérées. La température des surfaces joue un rôle important ; le frottement varie en sens inverse de la température, à condition toutefois que celle-ci ne dépasse pas une certaine limite. La différence de viscosité d'un lubrifiant à l'autre rend impossible l'établissement d'une relation définie entre ces éléments.

La forme des coussinets a une influence des plus considérables sur le frottement. Si le coussinet a seulement comme largeur la moitié du diamètre du tourillon, le frottement n'est que la moitié de celui d'un coussinet qui embrasserait la demi-circonférence du tourillon. La pratique des chemins de fer est parfaitement d'accord avec ce fait. Il est bon toutefois de ne pas réduire la largeur du coussinet à moins de 0,7 *m* du diamètre du tourillon.

On peut opérer le graissage de trois manières : en faisant tremper le tourillon dans l'huile, avec un tampon, ou avec une mèche trempant dans un godet et faisant siphon. Le premier moyen est le meilleur, mais ne peut pas toujours être employé en pratique ; le second est le plus économique ; le dernier est le moins efficace et le plus dispendieux ; il donne, d'après M. Goodmann, un frottement quadruple du premier et sensiblement double du second.

Quant à la matière dont sont faits les coussinets, on trouve peu de différence d'un bronze à l'autre ; l'emploi du métal blanc présente des avantages incontestables ; la fonte donne un très bon frottement avec un graissage abondant.

Un coussinet pressé d'une manière continue doit être moins chargé par unité de surface que si la pression est intermittente ou change de sens. Cela tient à ce que dans le premier cas le lubrifiant peut être expulsé d'entre les surfaces. Ainsi on ne dépasse guère pour les portées des arbres 30 à 35 *kg* par centimètre carré, tandis que les grosses têtes de bielles supportent très bien des pressions de 150 *kg* et les petites de 350 *kg* par centimètre carré.

L'auteur pense que pour établir les proportions des supports d'arbres tournants, au lieu de prendre pour point de départ la charge par unité de surface, il est préférable de prendre le nombre de calories qu'une surface donnée est susceptible d'évacuer. De très nombreuses expériences faites par lui démontrent qu'avec un coussinet en métal à canon et un axe en acier, il n'y a pas à craindre d'échauffement avec la proportion d'un pouce carré par unité thermique anglaise par minute, ce qui correspond en mesures françaises à 1 calorie pour 25,6 cm^2 par minute, ou inversement 1 cm^2 pour 0,04 calorie. On obtient le nombre de calories par le travail dépensé par le frottement, c'est-à-dire le produit de la charge par le coefficient du frottement et par la vitesse de rotation du tourillon ; ce produit en kilogrammètres, divisé par l'équivalent

[illegible] la chaleur, donne le nombre de calories cherché. Les [illegible] de frottement admis par M. Goodmann sont, tant que la [illegible] ne dépasse pas 0,30 m par seconde, c'est-à-dire une grande pro[illegible] de la pratique, 0,010 m pour les tourillons trempant dans [illegible], 0,012 m pour le graissage avec tampon, et 0,015 à 0,020 m pour [illegible] par mèche et godet.

L'auteur s'est occupé des coussinets à sphères employés dans certains [illegible] que les bicycles. Il admet que : 1° le coefficient de résistance [illegible], c'est-à-dire que la résistance est toujours directement pro[illegible] à la charge, 2° que la résistance est indépendante de la tem[illegible]. On pouvait s'attendre à cette conclusion. Le coefficient de frotte[illegible] coussinets à boules est plus élevé que celui des coussinets [illegible] baignant dans l'huile, mais il est moindre que celui-ci avec [illegible] modes de graissage.

[illegible] peut encore citer quelques considérations sur le frottement au dé[illegible] auteur attribue à l'effort nécessaire pour séparer les molécules [illegible] plus ou moins visqueuses. Avec les lubrifiants solides, la [illegible] entre le frottement au départ et le frottement en marche, est [illegible]. Voici divers chiffres relevés par M. Goodmann à ce [illegible]. Avec de l'huile dite *Asbestos Oil*, de Bell, le frottement au départ [illegible] de 0,192, le frottement en marche est tombé à 0,0084, rap[illegible] 22,9. Avec un mélange d'*Asbestoline*, de Bell, et de graisse solide [illegible] deux coefficients ont été trouvés de 0,090 et 0,035, rapport 2,6. [illegible] coefficients proportionnels de frottement au départ étant 1 et [illegible] coefficients en marche, de 21 et 1.

[illegible] faits présentent de l'intérêt.

L'auteur construit en ce moment un appareil pour mesurer le frotte[illegible] des pressions pouvant atteindre 20 *t*, et espère pouvoir en [illegible] renseignements utiles pour la question. Celle-ci présente, en [illegible] intérêt sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister. Les grosses [illegible] sont, comme on l'a dit avec raison, de véritables usines à [illegible] qui consomment du métal et du combustible, et qui coûtent [illegible] frais d'établissement. Ce qu'on peut gagner là-dessus est un bénéfice [illegible] qui est loin d'être négligeable.

Surveillance des ponts métalliques. — La question de la [illegible] et de l'entretien des ponts métalliques est une de celles qui [illegible] aujourd'hui aux administrations de chemins de fer, en raison [illegible] grave responsabilité qu'elle entraîne.

La [illegible] autrichienne Kaiser-Ferdinand-Nordbahn a organisé, depuis [illegible] années, cette surveillance d'une manière systématique, et sans [illegible] résulte de dépenses sérieuses, car la surveillance et l'entretien [illegible] 614 ponts métalliques, représentant 1 261 travées, ne coûte en [illegible] que 37 300 *f* par an.

[illegible] est confié à un personnel spécial chargé de surveiller les [illegible] d'y faire les petites réparations courantes d'entretien, peinture, [illegible] et de prendre note de toutes les circonstances qui peuvent présenter [illegible] quelconque par rapport à ces ouvrages. C'est certainement le

moyen le plus certain de conserver la sécurité de la circulation sur les ponts et d'assurer à ceux-ci la plus longue durée possible.

Nous profiterons de cette occasion pour indiquer les dispositions générales d'un arrêté, en date du 25 septembre 1886, de l'Inspection générale autrichienne, relatif à la surveillance des ponts métalliques, et adressé à toutes les administrations de chemins de fer. Nous devons cette communication à l'obligeance de notre collègue, M. Gerstner.

La chute du pont suspendu de Mahrisch-Ostran qui a eu lieu le 15 septembre 1886 et qui eut des conséquences si graves, et surtout la cause reconnue de cet accident, des portions de chaines rongées par la rouille, commandent à l'heure actuelle d'une manière impérieuse de surveiller rigoureusement et consciencieusement les ponts métalliques de tout genre employés sur les chemins de fer.

Depuis la reconstruction de l'ancien pont suspendu du chemin de fer de ceinture de Vienne, sur le bras du Danube, il n'y a plus en Autriche de pont suspendu servant à un chemin de fer. Aussi les conditions de revision des ouvrages de ce genre de ponts, revision toujours très difficile et onéreuse, bien qu'elle ne soit pas absolument impossible, ne s'appliquent plus aux autres systèmes de ponts dont la surveillance peut s'exercer à tout moment sans trop de difficultés. Néanmoins il est indispensable de consacrer une attention très sérieuse aux ouvrages métalliques et d'en faire l'objet d'observations continuelles et rigoureuses.

L'accident cité plus haut a démontré l'action destructive et rapide de la rouille; il importe donc d'empêcher par tous les moyens l'accès de l'humidité aux divers points d'un pont métallique. Aussi on doit particulièrement surveiller les endroits où des boulons ou rivets se desserreraient et laisseraient un intervalle entre des pièces qui devraient normalement être en contact intime.

Dans ces cas, le remplacement des rivets, le serrage des boulons, le mattage ou remplissage des joints et, s'il le faut, le renouvellement total ou partiel de la peinture deviennent nécessaires.

Les poutres en forme de caissons exigent des soins particuliers, de même qu'en général les poutres construites par l'assemblage de tôles et fers marchands.

Il faut surtout tenir les surfaces propres, assurer l'écoulement des eaux, ménager à cet effet des trous d'écoulement là où il est nécessaire, et assurer le fonctionnement de ceux qui existent déjà.

Les poutres en forme de gouttières contenant des longrines en bois demandent une grande surveillance. Si les longrines, comme c'est presque toujours le cas, remplissent complètement l'intervalle des tôles, la formation de la rouille est grandement facilitée.

Dans les conditions normales, la peinture d'un pont a une durée de quatre à cinq ans; comme celle des longrines en bois est du double à peu près, il est nécessaire d'enlever ces longrines une fois au cours de leur existence pour repeindre les parties des tôles en contact avec elles.

Il y a lieu de mentionner les poutres tubulaires ou cylindriques creuses encore en usage sur certaines lignes. La seconde forme est peu employée dans les ponts, mais elle est très en usage dans les supports de réservoirs, colonnes, arbalétriers, etc.

[illegible] examen des surfaces intérieures de ces poutres est très difficile, mais [illegible] indispensable de vérifier leur état. Les administrations [illegible] le fer qui ont des pièces de cette nature sont invitées à pro- [illegible] cette vérification à moins qu'elle n'ait été déjà faite récemment. [illegible] par la rouille est moins à redouter pour la fonte ; celle-ci [illegible] moins être surveillée au point de vue des fissures, gerçures, etc., [illegible] pointe.

[illegible] administrations de chemins de fer devront donner dans le sens [illegible] précédents des instructions à leurs agents, et informer [illegible] de ce qui aura été fait à cet égard.

Chemins de fer de montagnes en Suisse. — Depuis la [illegible] du chemin de fer du Rigi terminé en 1871, les chemins de [illegible] destinés plus particulièrement aux touristes ont pris [illegible] grand développement. On en jugera par la statistique [illegible] classées en chemins de fer à crémaillère ou mixtes [illegible] et en chemins de fer funiculaires, statistique [illegible] *Progrès industriel et commercial.*

Lignes à crémaillère A.

		LONGUEUR	RAMPE MAXIMA	RAYON [illegible]
		m	0/00	m
[illegible]	en exploitation.	13 510	200	120
[illegible] Rigi	—	5 155	250	120
[illegible]	—	5 276	90	120
[illegible]	—	58 000	120	120
[illegible]	-	14 050	90	30
[illegible]-Pilate	—	4 228	480	80
[illegible]	concédé	61 000	[illegible]	250
[illegible]	—	20 000	100	—
[illegible]	—	5 120	66	80
[illegible]		9 200	270	100
[illegible]	-	11 800	130	80
[illegible] Schynige Platte	-	7 250	250	80
[illegible]	-	4 500	250	150
[illegible]-Wagenlücke	—	15 500	185	90

Chemins de fer funiculaires B.

		LONGUEUR	RAMPE MAXIMA	RAYON DES COURBES
		m	*0/00*	*m*
Lausanne-Ouchy. . . .	en exploitation. .	2 456	116	400
Bienne-Macolin	— . .	1 660	320	300
Territet-Glion	— . .	599	570	500
Giessbach.	— . .	331	320	75
Lugano, gare du Gothard	— . .	248	230	150
Gutsch	— . .	162	530	ligne droite.
Marzili (Berne).	— . .	105	302	150
Zurichberg	— . .	180	260	100
Burgenstock.	— . .	850	550	150
Lauterbrunnen-Murren (section inférieure). .	en construction. .	1 360	570	100
Beatenberg	concédé	1 610	400	400
Martinsberg.	—	200	392	ligne droite.
Gurten	—	1 060	300	200
Lausanne-Signal. . . .	—	600	220	200
Ecluse-Plan.	—	370	360	300
Kolbenhof-Utliberg. . .	—	625	440	—
Paradiso-Salvatore, . .	—	1 650	600	250
Weggis-Rigi.	—	2 085	590	300

On pourrait ajouter à cette liste déjà longue quantité de projets qui surgissent tous les jours et qui visent presque toutes les cimes, même les moins accessibles. Il est certain que si le Mont-Blanc était en Suisse, comme tant de gens le croient, il y a beau temps qu'une demande de concession eût été adressée au Conseil fédéral pour un funiculaire ou un chemin de fer à crémaillère.

A défaut, il y a les deux projets qui menacent la Jungfrau (altitude 4130 *m*), celui de M. Kœchlin et celui de M. Trautweiler. Ce dernier aurait un développement total de 6 500 *m* et des inclinaisons variant suivant les sections de 33 à 98 0/0.

On pourrait croire que le prodigieux développement des chemins de fer de touristes en Suisse s'explique par le succès financier de ce genre d'entreprises. Il n'en est rien. Quelques-unes ont donné et donnent encore de gros dividendes, mais on peut dire que c'est l'exception.

Voici, d'après la statistique des chemins de fer suisses pour 1888, les recettes brutes rapportées au kilomètre et le revenu des actions pour ceux des chemins de fer funiculaires désignés au tableau B ci-dessus qui étaient en exploitation en 1888.

	RECETTE BRUTE KILOMÉTRIQUE	REVENU DU CAPITAL-ACTIONS
	f	0/0
[illegible]-Mercha	18 172	0,78
[illegible]ach	39 837	4,51
[illegible]ach	49 084	3,69
[illegible]	163 429	15,91
[illegible] Ouchy	72 434	Néant.
[illegible] du Gothard	88 726	5
[illegible] Berne	101 838	Néant.
[illegible] Glion	119 725	5

La moyenne du rendement de ces huit lignes est de 4,3 0/0, mais si l'on retranche le petit chemin de fer du Gütsch, à Lucerne, qui appartient à un maître d'hôtel, et dont le rendement est exceptionnel, on [illegible] la moyenne des sept autres tomber à 2,7 0/0.

[illegible] des chemins de fer à crémaillère indiqués dans le tableau ne sont pas beaucoup plus brillants. Sur les six chemins de fer [illegible] étant en exploitation, trois seulement l'étaient en 1888 [illegible] au Rigi a donné un revenu de 8 0/0, mais ni le Arth-Rigi, ni [illegible] n'ont rien donné. Il est à craindre qu'une bonne [illegible] des nouvelles lignes concédées ne soient pas plus rémunératrices.

[illegible] deux catégories, il existe un assez grand nombre de [illegible] du même genre à adhérence, chemins de fer sur routes et tramways. [illegible] sont seulement en Suisse au nombre de trois : les [illegible] de Genève qui exploitent également le petit réseau de Bienne [illegible] totale, 16720 m, les tramways de Zurich 8600 m, et le [illegible] de Vevey-Chillon ; ce dernier est à traction électrique et a un [illegible] de 10374 m. Les deux premières entreprises donnent un rendement de [illegible] 0/0 ; la troisième commençait seulement à fonctionner [illegible] 1888, et ses débuts ont été très difficiles. L'exploitation est maintenant [illegible] régulière.

[illegible] faut ajouter à la liste des tramways, ceux de Berne, qui doivent [illegible] leur exploitation le 1er mai. La traction se fera par l'air comprimé au moyen de force motrice empruntée à une chute de l'Aar.

Chemins de fer allemands. — On vient de publier la statistique des chemins de fer allemands pour l'exercice écoulé du [illegible] 1888 au 31 mars 1889.

[illegible] totale des lignes à voie normale de l'empire d'Allemagne [illegible] 40 225 km contre 39 360 l'exercice précédent. Le nombre total [illegible] ou haltes ouvertes à l'exploitation est de 6872.

[illegible] comprend à la fin de l'exercice précité 13 107 locomotives, 2 850 machines-tender, dont la valeur totale est estimée, y compris [illegible], à 745 164 793 f, soit en moyenne 56 000 f par machine ; — [illegible] voitures à voyageurs, représentant en totalité 1 041 500 places, [illegible] collective de 230 182 571 f, soit en moyenne 4442 f par

essieu; — 254 385 fourgons et wagons à marchandises, ayant ensemble 518 526 essieux, et un port de 2 571 397 *t*, et enfin 1 604 wagons-poste avec 4 087 essieux.

Il a été transporté 399 864 460 voyageurs, dont 1 880 184 de première classe, soit moins de 1/2 pour cent, 35 293 668 de seconde, 218 727 917 de troisième, 77 268 604 de quatrième, et 6 694 087 avec des billets de réquisition ou militaires; le trafic des marchandises s'est élevé à 197 879 030 *t*.

Ces résultats sont en progression notable sur l'exercice précédent où le nombre des voyageurs s'était élevé seulement à 315 991 747 et le tonnage des marchandises à 177 368 209 *t*.

Le capital d'établissement ressort en totalité à 12 milliards et 594 millions de francs, ce qui fait une moyenne de 314 882 *f* par kilomètre.

Les recettes de l'exploitation se sont élevées pour 1888-89 à 1 milliard 828 millions de francs en nombres ronds, en augmentation de 96 millions sur l'exercice précédent. Les dépenses d'exploitation ont été de 45,78 0/0 des recettes brutes, contre 46,29 pour 1887-88. La différence représente 5,40 0/0 du capital d'établissement.

Il y a eu 2 549 accidents, dont 508 par déraillements, 251 par collisions et 1 905 par autres causes. Ces accidents ont entraîné la mort de 715 personnes, dont 31 voyageurs, et blessé 1 470 autres, dont 123 voyageurs. Dans le chiffre des morts, on compte 153 suicides.

Si on excepte ces derniers, on trouve une moyenne de 3,58 personnes blessées par 10 000 trains.

La répartition des chemins de fer entre les divers États de l'Allemagne est la suivante :

	LONGUEUR	LONGUEUR PAR 100 *km²*	LONGUEUR PAR 10 000 HABITANTS
Prusse	24 048	6,90	8,27
Bavière	5 344	7,04	9,71
Saxe	2 135	14,24	6,45
Wurtemberg	1 461	7,49	7,21
Bade	1 402	9,29	8,64
Alsace-Lorraine	1 319	9,09	8,40
Hesse	913	11,88	9,39
Mecklembourg-Schwerin	889	6,68	15,24
Saxe-Weimar	311	8,66	9,74
Mecklembourg-Strelitz	182	6,22	18,35
Oldenbourg	399	6,21	11,47
Duchés divers	1 210	10,26	9,79
Principautés diverses	265	4,71	4,80
Villes libres	130	13,48	1,65
Allemagne	40 008	7,40	8,33

Progrès successifs de la Navigation à vapeur. — On [illegible] comme un exemple remarquable des transformations succes[illegible] qui se sont produites depuis près de soixante ans dans la naviga[illegible] à vapeur, le tableau ci-dessous emprunté au matériel de la Compa[illegible] [illegible] et Orientale, qui est probablement la plus ancienne [illegible] de transports maritimes à vapeur qui existe.

[illegible] navires qui figurent dans ce tableau se succèdent à des in[illegible] de quinze années, sauf le dernier, qui est beaucoup plus rap[illegible] [illegible] précédent, et qui se rapporte au dernier progrès réalisé dans [illegible] marines : l'introduction de la triple expansion.

Années	Noms	Tonnage	Puissance indiquée	Vitesse en nœuds	Pression [illegible]	Machine et propulseur
1837	[illegible]	516	180	8	kg 0,5	R. Balancier.
1852	[illegible]	1 950	1 367	10,5	1	R. Oscillante
1867	Hindostan . . .	3 113	3 194	12	2	H. Horizontale.
1882	[illegible]consul. . .	4 752	4 500	13	6	H. Compound.
1887	[illegible] . .	6 000	7 000	15,7	10	H. Triple expansion

[illegible] d'après ce tableau, qu'en 1837 il fallait 1 cheval pour [illegible] 2,87 tonneaux et, inversement, 2,87 tonneaux pour porter une [illegible] 1 cheval; ce rapport a passé ensuite à 1,43, puis à 1, 1,05, [illegible] 0,86; ce rapport a donc diminué de 3,34 à 1, tandis que la vi[illegible] a augmenté dans le rapport de 1 à 1,96, c'est-à-dire sensiblement [illegible] Il y aurait encore à faire intervenir la capacité de transport et [illegible] approvisionnement de combustible, qui [illegible] aujourd'hui, [illegible] traversées, tandis que le premier navire porté sur le tableau [illegible] au service de Falmouth aux ports des côtes d'Espagne et de [illegible] Il nous suffit ici d'appeler l'attention sur les chiffres qui pré[illegible], empruntés à un discours de M. Manuel, président de l'*Institute [illegible] Marine Engineers*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1890.

Rapport de M. DE COMBEROUSSE sur un **tableau mécanique** construit par M. l'abbé LERIS.

Ce tableau mécanique est très supérieur comme exécution aux objets analogues provenant de la Suisse et de la Forêt-Noire et la solidité est beaucoup plus grande. On y remarque des détails ingénieux pour la transmission des mouvements.

Rapport de M. REDIER sur la **machine et les fraises à arrondir les dents des roues de montres** de M. CARPANO, fabricant d'horlogerie à Cluses (Haute-Savoie).

La machine de M. Carpano ne diffère des machines analogues que par des dispositions de détail et des perfectionnements, mais les fraises qui l'accompagnent méritent une mention toute particulière. Ces fraises sont d'une seule pièce comprenant la partie qui taille et la partie d'hélice qui conduit. Ce résultat ne peut être obtenu que par un tour de main très délicat que l'auteur ne divulgue pas.

La production de l'usine de M. Carpano est de 100 000 roues de montres par semaine, ce qui représente les éléments d'un million de montres par an.

Rapport de M. ÉDOUARD SIMON, sur la **machine étireuse-broyeuse-échardonneuse** de M. FULGENCE MERELLE, de Roubaix.

On sait que les laines provenant de l'Amérique du Sud sont souillées de graines, au point qu'il serait impossible de les employer industriellement sans l'intervention de machines spéciales dites échardonneuses ou égratteronneuses.

On a opéré d'abord par battage, ce qui avait l'inconvénient de briser les matières végétales et de les subdiviser; on a essayé de procédés chimiques basés sur l'emploi d'acides qui devaient carboniser les matières végétales sans altérer la laine. La difficulté de régler l'action de ces acides a fait échouer ces procédés dits *d'épaillage*.

Depuis quelques années, on revient au procédé mécanique en substituant l'écrasement au broyage ou battage. La machine de M. Merelle est basée sur ce principe; elle comporte des cylindres étireurs à vitesse progressive et des cylindres broyeurs pressés par des ressorts qui permettent au rouleau supérieur de s'écarter en cas de besoin.

La machine est complétée par un appareil d'ensimage et peut traiter [illegible] 1 200 kg de laine dégraissée.

Rapport de M. Edouard Simon sur une **machine à dévider et peser automatiquement les laines, cotons et fils** et sur **machine à dévider, peser et faire les pelotes,** de M. L. [illegible], à Angoulême.

[illegible] de ces appareils est la production de pelotes ou écheveaux d'un [illegible] régulier.

[illegible] à dévider et peser automatiquement est d'une précision [illegible]. Le fil dévidé est reçu dans un bassin formant plateau de [illegible]. A fur et à mesure de sa chute dans ce bassin, une aiguille [illegible] plongée dans un bain de mercure s'élève et à l'instant précis [illegible] fait équilibre au poids réglé d'avance, l'aiguille sort et inter[illegible] un courant électrique, lequel arrête le dévidage. Il ne reste qu'à [illegible] à enlever le pot plein et à le remplacer par un vide et à re[illegible] dévidage.

La seconde machine réunit un appareil à dévider et peser comme le [illegible] et une peloteuse; l'ensemble fonctionne à la main, étant des[illegible] à la confection de petites parties.

Traitement de l'acier à la presse hydraulique, par M. W.-[illegible].

M. [illegible] a présenté à l'*Institution of Civil Engineers* un mémoire [illegible] qu'il a faite aux forges d'Abouchoff pour couler [illegible] lingots d'acier destinés à la fabrication des canons et des [illegible] doivent être absolument exempts de soufflures.

[illegible] de la compression sur l'acier liquide a été proposé dès 1856 [illegible] Henry Bessemer, mais c'est à Sir Joseph Witworth qu'est due sa [illegible] pratique. Toutefois, ce procédé est très peu employé à cause [illegible] coûteuses qu'il nécessite.

[illegible] a aux forges d'Abouchoff une presse hydraulique de 10 000 *t* ins[illegible] de l'aciérie composée de deux fours Siemens, d'un four [illegible] au gaz, de deux fours à creusets au coke et d'un four à re[illegible].

Les pressions varient de 600 à 1 900 atmosphères; plus le lingot est [illegible], plus il faut presser fort et longtemps. Avec un lingot de [illegible] mm de diamètre, il faut, pour assurer une homogénéité parfaite, [illegible] pendant quarante minutes une pression de 2 100 atmosphères [illegible] 1 500 atmosphères pendant cinquante minutes.

Le lingot se raccourcit de 9 0/0 par la pression. Une pression de 200 [illegible] atmosphères suffit pour améliorer considérablement la [illegible] et [illegible] des lingots, mais l'homogénéité parfaite exige l'application [illegible] de pressions allant de 2 000 à 2 300 atmosphères.

[illegible] peu de choses sur la cause de la destruction des bulles par [illegible] on ne sait si les gaz sont expulsés ou [illegible] ou dissous [illegible] dans le métal. Quoi qu'il en soit, l'amélioration due à la [illegible] est un fait positif. On peut utiliser la totalité des lingots [illegible] sans la compression, on ne pouvait utiliser que les deux tiers, il

fallait enlever parfois au tour le tiers du métal d'un lingot avant de pouvoir le laminer en barres.

La compression n'augmente pas beaucoup la résistance à la rupture, mais elle améliore considérablement la ductilité ou l'allongement qui augmente de 40 0/0 dans le cas des éprouvettes longitudinales. Ce résultat est encore plus accentué avec les éprouvettes transversales.

Le résumé de la communication de M. Greenwood, donné par le Bulletin de la Société d'Encouragement, est dû à notre collègue M. G. Richard.

Les habitations ouvrières à l'Exposition de 1889. — Ce compte rendu est extrait du *Journal officiel* (numéro du 12 décembre 1889). Il contient des renseignements intéressants sur diverses installations d'habitations ouvrières faites en France, en Alsace et en Belgique.

Machines Simonds travaillant le métal par roulement. — Cette machine qui figurait dans la galerie des machines, section américaine, a vivement excité l'attention. La description donnée par le Bulletin de la Société d'Encouragement est tirée du *Journal de l'Institut de Franklin.* Elle est accompagnée de figures qui permettent de se rendre compte de l'action de cette curieuse machine.

Le but est de produire économiquement et avec précision des pièces à section cylindrique mais autres que de simples cylindres, au moyen d'un métal ductile et malléable. La méthode employée pour atteindre ce résultat consiste à faire mouvoir deux matrices d'acier parallèlement et en sens inverse l'une de l'autre; ces matrices saisissent le métal en même temps que leurs surfaces se rapprochent, elles le roulent et leur donnent la forme voulue qui est toujours parfaitement nette. Le caractère essentiel de ce mode de fabrication est que le métal en baguette se trouve refoulé dans le sens de son axe et est soumis tantôt à une réduction de diamètre en tout ou en partie, ce qui empêche la matière d'être endommagée par renflement; tantôt le diamètre du métal est augmenté, avec cette particularité que l'achèvement de la surface ne se produit que lorsque le métal a pris sa forme complète.

La machine produit des essieux, axes, vis, boulons, sphères, etc., et les articles ainsi fabriqués sont comparables aux pièces tournées comme fini et comme précision. Des expériences répétées ont indiqué que la ductilité et la résistance du métal n'étaient nullement altérées.

Tuyaux articulés. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal*). — Il s'agit de divers systèmes de tuyaux articulés pour conduites d'eau d'assez fort diamètre destinés à remplacer les tuyaux en caoutchouc avec spirale métallique.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JANVIER 1890.

Paroles prononcées aux funérailles de M. Jacquet,

...teur général des Ponts-et-Chaussées, par M. Fargaudie, vice-...sident du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir (2e article), par M. Bazin, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Le premier article, inséré dans les *Annales de 1888*, 2e semestre, avait ... objet la détermination des coefficients de débit des déversoirs pour ... des nappes libres s'écoulant au-dessus d'une mince paroi verticale. ... le présent article, l'auteur étudie la forme des nappes en étendant ... expériences au cas où la paroi d'amont, supposée d'abord verticale, ...inée dans un sens ou dans l'autre.

La détermination de la surface supérieure des nappes ne présente pas ...difficulté. On l'obtient au moyen d'une règle le long de laquelle on ...avance une tige divisée, dont on relève les hauteurs aux différents ...ts de la règle horizontale. La surface inférieure est beaucoup plus ... à relever. On y arrive en opérant de même que pour la surface ...érieure, mais en terminant la tige par un couteau d'acier tranchant ... et à pointe effilée qui pénètre dans la nappe, dont on observe ...tact avec la surface inférieure de la nappe.

...n a fait également usage d'une tige traversant la nappe et ayant en ... une pointe ascendante. Les deux résultats employés concurremment à titre de vérification ont donné des résultats absolument concor-...ts.

...n a relevé ainsi un grand nombre de profils de nappes dont les or-...nées sont contenues dans de nombreux tableaux.

Le mémoire étudie ensuite la distribution des vitesses et des pressions ... l'intérieur des nappes libres. On a employé pour les déterminations ...ments de petits tubes de Pitot qu'on introduisait dans l'inté-...ur de la nappe à diverses régions au moyen de précautions conve-...les.

Note sur le **traité des ponts métalliques** de M. Jean Résal, ...génieur des Ponts et Chaussées, par M. A. Flamant, ingénieur en chef ... Ponts et Chaussées.

M. Résal avait publié en 1885 un premier volume comprenant l'étude ... poutres droites à travées indépendantes, des ponts suspendus et des ... en arc. Le dernier volume qui vient de paraître est consacré à l'examen des autres systèmes de ponts tels que Bowstrings, poutres ... à travées solidaires, ponts grues et systèmes articulés, et enfin ... métalliques.

Nous croyons intéressant de citer les conclusions que tire l'auteur de ... comparative des différents systèmes de poutres en usage. C'est ... ne semble pas y avoir lieu de conclure à la supériorité absolue de ... tel type. Le choix à faire en vue d'établir un pont dans des condi-... déterminées dépend toujours essentiellement des conditions parti-...res où l'on se trouve, telles que dispositions à prendre pour le mon-..., stabilité plus ou moins complète des appuis, poids de la surcharge ... rapport à la charge permanente, etc.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 28 janvier 1890.

Séance du 12 novembre 1889. — Compte rendu de la réception des membres de l'Institut par la Société des Ingénieurs civils, à Paris, par M. TIDEMAN.

Communication de M. VAN DER VEGT sur un projet de port de mer à établir à Scheveningue pour les bateaux de pêche.

L'idée d'établir un port de mer à Scheveningue. dans le voisinage immédiat de La Haye, a de nouveau mis en mouvement les esprits et les plumes. Les bateaux de pêche de Scheveningue, au nombre de plusieurs centaines, manquent absolument d'abri, et ceux qui ne sont pas au large sont ordinairement tirés sur la plage. Pour remédier à cet inconvénient, on a proposé de faire un port et on a fait élaborer un projet par une commission dont faisait partie M. Van der Vegt. Les négociants de La Haye, s'emparant de cette idée, ont voulu la tourner à leur profit pour mettre la capitale en relation immédiate avec la navigation maritime et en faire une artère de commerce international. Les divergences de vues amenées par ce nouvel élément ont conduit à des discussions peu fructueuses. Pour répondre à diverses attaques sur le terrain technique et économique, M. Van der Vegt a cru devoir établir ce que comportait le mandat, d'ailleurs assez précis, qui lui avait été donné, et ce que la commission avait fait pour satisfaire le mieux possible à son programme, en présence des ressources disponibles.

Communication de M. SLANG sur le déplacement de 1 *m* dans le plan horizontal, et sur une longueur de 250 *m*, d'une portion de la conduite principale des eaux de La Haye (diamètre 0,457 *m*), sans interruption du service.

Livraison du 5 mars 1890.

Description d'un marégraphe enregistreur, de construction très simple, pour indiquer le maximum et le minimum du niveau et l'heure à laquelle ces hauteurs sont atteintes, par M. ERMERINS.

Note sur la construction d'un pont tournant et d'une écluse, dans le port de Wlaardingen, par M. KOCK. — Ce travail est un nouvel exemple des difficultés qu'on a à surmonter dans les terrains vaseux des polders de la Hollande.

Livraison du 28 mars 1890.

Séance du 11 février 1890. — Communication de M. HUET sur les machines élévatoires proposées pour le desséchement d'une partie du Zuydersée.

M. Huet, partisan déclaré du desséchement partiel du Zuydersée, expose, avec sa compétence incontestée, le système de machines qu'on pourra appliquer avec succès pour le desséchement du Hoornsche Hop

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

· transformer en un polder de 13 000 *ha* de superficie utile. La hau- ·· maxima d'élévation (hauteur très variable, du reste), est de 5,5 *m* ; · volume d'eau à élever est de 722 *m*³ par minute.

Dans cette communication se trouve discuté le système de pompes et ·· moteurs, avec l'indication du rendement utile qu'on pourra obtenir, et celle des dépenses de construction et d'exploitation, etc. Les planches qui accompagnent le mémoire donnent une idée complète des travaux à faire.

Communication de M. SCHALY sur les travaux d'amélioration du détroit entre les îles de Java et de Madura, donnant accès à la rivière de Solo · à la ville de Sourabaya.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *5 avril 1890.*

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. [illegible].

Expériences sur la résistance des feuilles de papier et d'étain dans ·· sens perpendiculaires, par H. Wehage (*fin*).

Les ascenseurs de la tour Eiffel, par M. F. Gutermuth.

Groupe de Berg. — Disposition de sûreté pour métiers à tisser. — Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents à Berlin ·· 1889. — Barrage de la vallée de l'Eschbach. — Explosion de chau·· à Munster. — Éclairage électrique du théâtre municipal de Bar·· — Installation centrale d'éclairage électrique de Barmen.

Patentes.

Bibliographie. — Principes fondamentaux de mécanique avec applica·· aux machines, par Geigenmuller.

Correspondance. — Géométrie, mécanique et cinématique.

N° 15. — *12 avril 1890.*

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. [illegible] (*suite*).

État actuel de la métallurgie de l'or.

Broyeur à billes, de Sachsenberg frères et Bruckner.

Machines à coudre.

Groupe de Hesse. — Machine à vapeur Westinghouse.

Groupe de Cologne. — Écoles techniques moyennes.

Patentes.

Bibliographie. — Appareils de condensation, par J. Schwager.

Variétés. — Tramway électrique, système Sandwell.

N° 16. — *19 avril 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de 1889 à Paris, par B. Salomon *(suite)*.

Causeries sur la mécanique appliquée, par le Dr G. Holzmuller *(suite)*.

Dispositions de sûreté pour les machines de l'industrie textile à l'Exposition de Berlin en 1889, par Ernest Müller.

Décisions juridiques dans les questions de patentes d'invention.

Patentes.

Bibliographie. — Applications de l'électricité à l'art de la construction, par H. Gorges et H. Zickler.

Variétés. — Les chemins de fer allemands pendant l'exercice 1888-89.

N° 17. — *26 avril 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. Tobell *(suite)*.

Destruction totale d'une machine de 10 000 chevaux, par Otto H. Mueller.

Nécessité d'une réforme scolaire.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Remarques sur l'industrie sidérurgique de l'Allemagne occidentale.

Groupe de Berlin. — Recherches sur les huiles de graissage.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel populaire de meunerie, par G. Pappenheim — Manuel de mécanique appliquée, par K. Karmarsch, refondu par H. Fischer. — Ammoniaque et composés ammoniacaux, par R. Arnold. — Traitement des eaux ammoniacales, par L. Weill-Gotz et F. Desor.

Correspondance. — Manuel des sciences de l'ingénieur.

Variétés. — École royale de mécanique appliquée à Breslau. — Cartes pour diagrammes d'indicateur. — École industrielle de Hagen.

Pour la Chronique et les Comptes rendus.

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX — RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8222-5-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1890

N° 5

Pendant le mois de mai, la Société a reçu :

31572 — De M. E. Turbot (M. de la S.). *Album des produits de la manufacture de chaînes-câbles et clous.* In-8 ital. de 15 p. Paris, Genève, 1888.

31573 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Hydraulique expérimentale.* In-8 de 8 p. Paris, hôtel des Sociétés savantes, 1889.

31574 à 31577 — De M. P. Gronsky (M. de la S.). 4 brochures en russe.

31578 — De l'*Institution of Civil Engineers. Minutes of Proceedings, vol. XCIX, 1889-1890, part. I.* London, 1890.

31579 — De M. Toni-Fontenay (M. de la S.). *Ciments fabriqués par la Société Vicat,* et Notice de M. Toni-Fontenay. In-8 de 108 p. Grenoble, Maisonville et fils, 1881.

31580 — De M. G. Eiffel (M. de la S.). *Congrès international des procédés de construction. Procès-verbaux sommaires, par M. G. Petit.* In-8 de 63 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31581 — De la Compagnie américaine d'ascenseurs. *Notice sur les ascenseurs et les monte-charges hydrauliques sans puits, système Otis.* In-8 de 18 p. Paris, Chaix, 1889.

31582 — De la *Société académique d'architecture de Lyon. Annales, tome IX. exercice 1887-1888.* Lyon, Mougin-Rusand, 1889.

31583 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1888. Documents principaux.* Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31584 — De M. le baron M. de Vautheleret (M. de la S.). *Traversée centrale des Alpes par le col du Géant.* In-8 de 127 p. avec pl. Abbeville, A. Rétaux, 1890.

31585 — De M. H. Palm. *Die Materiellen Rechtsgrundsätze des Oesterreichischen Privilegien-Gesetzes.* Grand in-8 de 87 p. Wien, H. Palm, 1890.

31586 — De M. Toni-Fontenay (M. de la S.). *Chaux hydrauliques et ciments par Merceron-Vicat.* Petit in-8 de 77 p. Grenoble. Breynat et Cie, 1885.

31587 — De M. F. Brabant (M. de la S.). *Note sur la production et la décomposition de l'acide carbonique dans les hauts fourneaux au coke.* In-8° de 18 pages. Liège, A. Desoer, 1889.

31588 et 31589 — De M. E. Gruner (M. de la S.). Exposition universelle internationale de 1889. *Congrès international des accidents du travail, t. I, rapports;* in-8° de 516 pages; *t. II, comptes rendus des séances.* In-8° de 473 pages. Paris, J. Baudry, 1890.

31590 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1890.* In-4° de 215 pages avec planches, 2 exemplaires. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31591 — De M. J. Rothschild. *Causeries scientifiques de H. de Parville : l'Exposition universelle de 1889, 29e année.* In-12 de 694 pages. Paris, J. Rothschild, 1890.

— De M. G. Eiffel (M. de la S.) Exposition universelle de 1889, Congrès international des Procédés de construction, *Note sur les constructions métalliques*, de MM. Eiffel, Contamin et Fouquet, in-8° de 26 pages, et *Note sur l'emploi de l'acier dans les constructions*, de M. Considère. In-8° de 11 pages. Paris, Chaix, 1889.

— De M. Fossati. *Moyens incontestables destinés à prévenir et arrêter les accidents de chemins de fer et moyens de sauvegarder immédiatement la vie des voyageurs. Nouveau système de traction et de navigation*. In-8° de 36 pages. Paris-Auteuil, Roussel, 1889.

— De M. H. Vaillant-Carmanne. *Des régulateurs appliqués aux machines à vapeur*, de M. V. Lebeau. In-8° de 76 pages. Liège, C. Brandt, 1890.

— De M. L. Malo (M. de la S.). *L'Exposition universelle de 1889*. In-8° de 201 pages. Lyon, *Salut public*, 1890.

— De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *Traité élémentaire de la cuisson et de la fabrication des produits hydrauliques*, de M. H. Bonnami. Dijon, R. Aubry, 1889.

— De M. P. Hanrez (M. de la S.). *Note sur le générateur multitubulaire système P. Hanrez et sur ses applications en métallurgie*, de M. V. Tahon. In-8° de 13 pages avec planches. Paris et Liège, C. Borrani, 1890.

— De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *L'année industrielle 1re année, 1890*. In-12 de 311 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

— Du même. *Historique et description de la Tour Eiffel*. In-12 de 48 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

— Du même. *Le chemin de fer glissant de Girard et Barre*. In-12 de 38 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

— Du même. Conférences de l'Exposition universelle de 1889 : *L'industrie ostréicole en France*. Grand in-8° de 28 pages. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

— De la Compagnie du Chemin de fer du Nord. *Rapport présenté par le Conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 132 pages, 3 exemplaires. Lille, L. Danel, 1890.

— De M. R. H. Thurston (M. de la S.), *Hirn and Dwelshauvers' Theory of the Steam Engine Experimental and Analytic*. In-8° de 11 pages. 1890.

— De M. A. Gouvy (M. de la S.). *Stahl und Eisen, Internationaler Berg und Hüttenmännischer Congress Paris 1889*. Grand in-8° de 20 pages. Dusseldorf, A. Bagel, 1890.

— De la Société de Dépôts et de Comptes courants. *Compte rendu du Conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 15 pages avec annexes. Paris, Ve Ethiou-Pérou et fils, 1890.

— De M. A. Hallopeau (M. de la S.). Conférences de l'Exposition universelle internationale de 1889 : *L'état de la métallurgie*

1789-1889. Le maître de forges. Grand in-8° de 60 pages. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31608 — De M. G. Féolde (M. de la S.). *Droit romain : du contrat de transport. Droit français : des transports par chemins de fer, voyageurs et marchandises.* In-8° de 457 pages. Paris, A. Rousseau, 1890.

31609 — Du Chemin de fer Grand-Central belge, direction des voies et travaux. *Compte rendu de l'exercice 1889.* In-4° de 47 pages autographiées. Bruxelles, 1890.

31610 — De M. A. Hillairet (M. de la S.). *Transmission électrique de Domène (Isère).* Feuille in-8° avec planches. Paris, 1889.

31611 — De M. E. Thomas (M. de la S.). *Isthme de Panama, projet de canal à 6 écluses et tunnel de 1 400 m sous la Culébra.* Grand in-8° de 8 pages avec planches. Fourmies, V. Bachy, 1890.

31612 — De la Chambre syndicale des Constructeurs de machines et d'instruments d'agriculture de France. *Traités de commerce. Réponses au questionnaire.* Petit in-8° de 15 pages. Paris, C. Morrhein, 1889.

31613 — De M. N. Forney. *Memoir of Horatio Allen.* In-12 de 47 pages. New-York, 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mai sont :

Comme membres sociétaires :

M. P.-A. Dillemann, présenté par MM. Hallopeau, Contamin et Forest.

Comme membres associés :

MM. Farjas, présenté par MM. Contamin, Demmler et A. de Dax.
Sijmons, — de Koning, Ribbius et Post.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1890

Séance du 2 mai 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Béthouard comme [illegible] du Nicham, et celle de M. Ansaloni au grade de chevalier de [illegible] de Saint-Stanislas de Russie.

M. LE PRÉSIDENT signale l'abandon de nouveaux bons, et il est heureux d'adresser les remerciements de la Société à MM. Gottschalk, qui abandonne 9 bons, Brull 3 bons et Bobin 2 bons. (*Applaudissements.*)

La Société a reçu de M. Prothais une lettre, par laquelle notre collègue accepte les fonctions de membre correspondant à Porto-Rico; nous lui avons fait connaître tout le plaisir que nous cause son acceptation.

M. LE PRÉSIDENT prononce l'allocution suivante :

Messieurs, notre belle et magistrale Exposition de l'année dernière n'a pas seulement démontré au monde l'influence que le génie français [illegible] à exercer sur la marche ascendante des progrès que la science [illegible] permettent de faire réaliser aux différentes branches de l'activité humaine; elle a, de plus, aidé à développer les sentiments de très [illegible] sympathie que nous témoignent un grand nombre de nations.

Notre Société a contribué pour sa part dans une large mesure à rendre [illegible] relations de plus en plus affectueuses. En exerçant de son mieux et [illegible] toute la cordialité possible les devoirs de l'hospitalité envers les [illegible] étrangers qu'elle avait invités à notre grande manifestation [illegible], elle a établi entre eux et nous une solidarité d'intérêts et fait

naître un désir de relations de plus en plus intimes ne pouvant que profiter à nos travaux professionnels et aux intérêts généraux de nos patries respectives.

Les témoignages d'estime et d'affection que nos collègues étrangers nous ont donnés ont été nombreux et nous ont profondément touchés : nous y avons répondu de notre mieux afin de conserver et accroître, si possible, cette sympathie si précieuse à notre Société.

Mais, si vous reportez vos souvenirs aux discours prononcés et aux manifestations de sentiments d'estime échangés, vous reconnaîtrez combien les Ingénieurs russes ont été tout particulièrement bienveillants et avec quel sentiment de profonde justice ils ont rendu hommage aux maîtres et créateurs de l'art de l'Ingénieur, maîtres que notre chère patrie a la bonne fortune de pouvoir compter au nombre de ses enfants. *(Applaudissements.)*

Ces témoignages de sympathie se sont continués depuis et viennent de se traduire tout récemment par une manifestation de bonne et cordiale confraternité à laquelle nous avons pensé ne pouvoir mieux répondre qu'en vous proposant de nommer Membres honoraires de notre Société :

M. Kotchoubey, Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie.

M. Ghercevanoff, Vice-Président.

M. Belelubsky, id.

M. Herzeinstein.

Puisse ce témoignage d'affectueuse considération et cet hommage rendu à la valeur professionnelle d'un corps d'Ingénieurs en tout digne des grandes destinées de son beau pays, resserrer les liens d'amitié qui unissent le génie civil russe au génie civil français. *(Vifs applaudissements.)*

A la prochaine séance, il sera procédé au vote sur les nominations qui viennent d'être soumises à l'approbation de la Société.

M. le Président rappelle qu'à la séance du 25 avril il a été donné avis que notre regretté collègue, M. Adolphe Meyer, nous avait légué une somme de 20 000 *f* pour la fondation d'un prix triennal qui porterait le nom de J.-J. Meyer, son père. M. le Président demande à l'Assemblée si elle est d'avis d'accepter ce legs et met aux voix la résolution suivante :

« L'Assemblée, après avoir pris connaissance des termes du testament » de M. Meyer, en date du 21 mars 1888, et après avoir délibéré, » accepte le legs fait par M. Adolphe Meyer à la Société des Ingénieurs » civils.

» Conformément à l'article 27 des statuts, l'Assemblée autorise M. le » Président V. Contamin, M. G. Cerbelaud, Secrétaire, et M. H. Couriot, Trésorier, à poursuivre par les voies de droit la délivrance de ce » legs. Elle autorise en tant que de besoin les trois personnes ci-dessus » désignées à déléguer à l'une d'entre elles ou à une tierce personne » tous les pouvoirs nécessaires à l'exécution desdites démarches et à la » délivrance de ce legs. »

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

M. Gruner dépose sur le bureau les deux volumes publiés par le Comité d'organisation du Congrès des Accidents du travail et les deux premiers numéros du Bulletin du Comité permanent international, qui continue l'œuvre du Congrès.

Ce Congrès des Accidents du travail, tenu à Paris en septembre 1889, sous la présidence de M. Linder, inspecteur général des mines, a réuni près de huit cents adhérents français et étrangers. Les séances de ses trois sections technique, de statistique et de législation ont été très suivies. Le soin apporté à la préparation des travaux de chaque section a évité toute dissertation vague : chaque séance avait un programme arrêté, et un ou plusieurs rapports imprimés et distribués à l'avance déterminaient nettement chacun des sujets en discussion.

Le premier volume groupe ces différents rapports, revisés avec soin par leurs auteurs. Il serait trop long de citer les titres de tous ces travaux; qu'il suffise de nommer les principaux rapporteurs, MM. Numa Droz, Cheysson, Luzzatti, O. Keller, Olry, Béziat d'Audibert, Lavache, Compère, Mamy, etc. Ils ont étudié les accidents du travail au point de vue de la prévention, par les améliorations techniques ou la réglementation administrative, et au point de vue de la réparation par l'organisation des secours, des pensions, de l'assurance, soit libre, soit obligatoire.

Le second volume donne le compte rendu complet des visites faites à l'Exposition par la section technique, et des séances tenues à l'École de droit par chacune des trois sections.

Les études de MM. Toque, Mamy et Danzer ont montré, soit par l'analyse des publications les plus récentes, soit par l'examen de l'Exposition de Berlin, le nombre considérable de dispositifs propres à prévenir les accidents qui ont déjà été appliqués.

Les statistiques, discutées avec une remarquable perspicacité par MM. Keller, Harzé, etc., ont fait voir, à côté de progrès considérables, l'existence de dangers encore nombreux qu'il faut chercher à prévenir ou à atténuer quant à leurs effets sociaux.

L'exposé successif, fait par plusieurs délégués étrangers, de la législation préventive dans les divers pays de l'Europe et de l'Amérique était comme une introduction à la Conférence de Berlin, où la France a été si dignement représentée, en particulier par le président même du Congrès.

La réparation des accidents n'a pu être étudiée sans mettre de suite sur le tapis les grandes questions de l'interversion de la preuve et de l'assurance obligatoire.

L'essai de physiologie expérimentale de l'assurance obligatoire et d'État, et de l'assurance libre et facultative, développé avec éloquence par le commandeur Luzzatti, a élevé de suite la discussion; et le remarquable travail de M. Cheysson sur l'organisation de l'assurance a donné à grands traits une solution qui semble devoir convenir d'une façon très satisfaisante au génie français.

Ces quelques journées de discussion ont mis en lumière bien des points de vue divers. Mais il était prématuré de conclure sur aucune, et il n'a été procédé à un vote que sur une seule question : à l'unanimité, l'assemblée a demandé la continuation des études par les soins d'une

appréciations se modifient beaucoup, et l'on arrive à voir que cette liberté absolue peut être une vérité, mais une vérité sans application pratique.

Il est bien probable qu'à l'origine des sociétés, les hommes n'ont pas songé à établir des droits de douane ; mais à partir du moment où les sociétés sont devenues ennemies, à partir du jour où elles se sont fait la guerre et ont voulu pénétrer de leur domaine sur celui des nations voisines, la liberté du commerce n'est plus absolue, et l'idée des barrières apparait. Nous verrons plus loin à quelles conditions certains peuples ont accepté la liberté de commerce ; nous verrons quand, comment et dans quelles conditions ils l'ont acceptée.

M. Fleury a reconnu, d'ailleurs, que jusqu'à ce jour le libre-échange n'a jamais été appliqué en France ; cela est vrai. Les traités de 1860 ne constituaient pas le libre-échange. On a eu le tort de les faire trop rapidement, presque par surprise ; le pays n'était pas prêt pour cette révolution subite. Ce fait est établi dans la lettre du 5 janvier 1860, dans laquelle on disait à la France :

« Nous allons faire des routes, des canaux, des chemins de fer, au moyen desquels vous aurez la facilité de lutter contre les industries étrangères. »

Malheureusement, cela n'a pas été fait, et nous avons été tous surpris par cette secousse, où le mal a été plus grand qu'on ne peut le croire, et cela par des raisons qui n'ont point été appréciées exactement tout d'abord. Lorsque les traités de commerce de 1860 ont été faits, on a dit à toutes les industries :

« Développez-vous ! »

On a mis à la disposition de l'industrie une somme dérisoire de 40 millions pour lui permettre les immobilisations indispensables. La production s'est développée, mais on s'est appauvri au point de vue du capital, et l'on est entré ainsi dans une mauvaise voie pour l'industrie ; les capitaux devenaient insuffisants. Puis, les difficultés sont venues, les embarras se sont multipliés, et finalement l'industrie a éprouvé de graves mécomptes à la suite de ces traités de 1860.

Mais ce n'était point là le libre-échange absolu, M. Fleury le reconnaît lui-même.

M. Euverte demande s'il est possible aujourd'hui de songer à appliquer les doctrines du libre-échange ? Que voyons-nous autour de nous depuis vingt ans ? L'Amérique a augmenté les droits de douanes jusqu'à la prohibition, l'Allemagne, l'Italie et presque tous les pays d'Europe sont devenus protectionnistes ; partout nous voyons l'idée protectionniste se développer ; est-ce le moment de nous désarmer ? Non, certainement.

Si, aujourd'hui, on donnait le pouvoir à M. Fleury et qu'on lui dise : Faites ! On peut affirmer qu'il n'oserait pas appliquer le libre-échange absolu, il ne le pourrait pas, il ne le voudrait pas ; il éprouverait le plus grand embarras pour l'application équitable et raisonnée de son système et serait obligé de se livrer à une enquête sérieuse, ce qui est le contraire de la doctrine libre-échangiste.

Lorsqu'on voit un homme sérieux, intelligent, comme M. Fleury, que vous appréciez et que vous estimez tous, arriver à l'idée du libre-échange on se demande comment cela est possible?

M. Euverte pense qu'il n'est pas sans intérêt de rechercher par quelles considérations particulières, les esprits sont attirés vers le libre-échange ou vers la protection; il croit que suivant l'idée que l'on se fait du commerce ou de l'industrie on est attiré vers l'un ou vers l'autre des systèmes.

Ceux qui sont exclusivement commerçants sont très portés vers les idées libre-échangistes.

Quel est le rôle du commerçant? Il achète, il vend lorsqu'il trouve un bénéfice et tout est dit. Il lui importe peu que la marchandise soit française ou étrangère; le bénéfice, tel est le point essentiel.

Mais il n'en est pas de même dans l'industrie. Si vous prenez l'industrie agriculteur, il sait bien comment il produit, mais il ne peut pas savoir comment il vendra; il n'en sait rien!

Il faut bien reconnaître que cette situation est grave et n'a rien de commun avec celle du négociant. Vous avez une très bonne récolte, vous avez une grande abondance, vous vendez à un prix bas, qui peut être encore suffisamment rémunérateur s'il n'est pas troublé par l'arrivée des blés étrangers. Mais s'il survient une mauvaise récolte, combinée également avec une importation étrangère d'autant plus considérable. Quelle est la situation du producteur?

L'industriel, à la rigueur, peut limiter sa production, bien que cela ne soit pas toujours facile; on arrête ses broches, ses métiers de tissage, ses laminoirs, on peut limiter sa production aux besoins. Mais l'agriculteur! il ne le peut pas! Il récolte beaucoup ou peu, et il vend suivant le cours du marché qui peut être profondément troublé par l'importation étrangère.

Ces considérations pourraient être appliquées à un grand nombre de nos industries, et il est facile de comprendre que le producteur ne se laisse pas aller aussi facilement que le commerçant aux idées libre-échangistes.

Il faut reconnaître, toutefois, que M. Fleury s'est placé au point de vue de l'industrie quand il a parlé des prix de revient, la question mère de l'industrie. L'agriculture ne sait guère ses prix de revient; l'industrie les connaît, en général, et c'est parce qu'elle étudie sérieusement cette question des prix de revient qu'elle est plus portée vers le système protecteur; les éléments principaux des prix de revient, aussi bien dans l'industrie agricole que dans l'industrie manufacturière, sont : les intérêts des capitaux, la main-d'œuvre, les matières premières et les frais généraux. Si nous examinons ces divers éléments de la question et si nous comparons la situation de la France à celle de l'Angleterre, de l'Allemagne, de la Belgique, etc., nous remarquerons que la France est dans un état d'infériorité très réelle à tous les points de vue.

En Angleterre, on trouve aisément de l'argent à 3 0/0; l'industrie trouve, à ce taux, tous les capitaux qui lui sont nécessaires.

En France, personne ne donne de l'argent à moins de 6 0/0 pour l'industrie! Et si on fait un prospectus, on promet 20 0/0. *(Rires.)*

La main-d'œuvre est chère, en France, d'une manière absolue, relativement à la Belgique et à l'Allemagne; elle est, en apparence, moins chère qu'en Angleterre; mais il est permis de penser que, dans ce dernier pays, l'ouvrier, mieux nourri, produit plus et, finalement, la main-d'œuvre y est peut-être plus avantageuse.

En ce qui concerne les matières premières, il est incontestable que l'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique sont plus favorisées que la France; c'est là un point sur lequel il est à peine besoin d'insister, et tout le monde reconnaît cette supériorité de nos rivaux en industrie.

M. Euverte aborde la question des frais généraux, parmi lesquels se trouve l'impôt. M. Fleury a établi que l'impôt total s'élève actuellement, en France, à la somme énorme de 4 641 000 000 !

Il a presque fait gloire au pays de supporter cette énorme charge : nous la supportons, oui, mais nous la supportons péniblement !

M. Fleury évalue le nombre des travailleurs français à 17 millions; si l'on admet que les résultats directs de ce travail représentent 20 milliards, l'impôt de 4 600 000 000 représente *23 pour cent* de la valeur totale du travail; n'est-ce pas là un chiffre énorme !

Les partisans du libre-échange ne peuvent pas nous demander de ne pas tenir compte de cet impôt quand nous faisons des achats à l'étranger! Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que J.-B. Say, l'un des initiateurs de la science économique, ne voulait pas qu'on fît entrer un produit étranger sans lui demander au moins l'impôt que paient les producteurs français; et, quand nous demandons, aujourd'hui, *un droit compensateur* moyen de 30 0/0, nous avons bien le droit de dire, en présence de l'énormité de l'impôt, que nous ne sortons pas des limites raisonnables.

M. Euverte fait remarquer à M. Fleury qu'il est allé peut-être un peu loin lorsque, dans la discussion, il a opposé les intérêts des ouvriers à ceux des patrons. Il a compté *six millions* de patrons; mais alors il comprend dans ce nombre tous ces petits artisans : serruriers, maréchaux, ferblantiers, cordonniers, etc., qui ont un ou deux ouvriers, et dont le sort n'est pas sensiblement différent pour les uns et pour les autres. Il n'est guère possible de trouver là l'antagonisme entre patrons et ouvriers.

Veut-on faire, au contraire, allusion à la grande industrie? Il ne faut pas alors compter les patrons par millions, et il ne faut pas oublier que l'antagonisme auquel on fait allusion est, en France, à l'état d'exception; tout le monde sait qu'en France la grande industrie s'est constamment préoccupée, avec le plus grand soin, du bien-être matériel et moral des ouvriers qu'elle emploie; et, si la grande industrie demande des droits compensateurs, si elle demeure très rebelle à la doctrine du libre-échange, c'est qu'elle ne veut pas laisser envahir le pays par les produits étrangers et sacrifier ainsi le travail national, au détriment des populations ouvrières qu'elle se fait un devoir de défendre contre les entraînements des doctrines fallacieuses du libre-échange.

La distinction entre patrons et ouvriers est aussi peu admissible que celle entre *producteurs et consommateurs.*

Nous sommes tous producteurs et consommateurs en même temps, et beaucoup d'entre nous ont traversé des circonstances dans lesquelles, le pain étant à bas prix, certains ouvriers se trouvaient encore très mal-

... eux, parce que, n'ayant point de travail, ils n'avaient même pas à ... disposition la modique somme nécessaire pour acheter le pain, ... à très bas prix.

M. Euverte fait remarquer, d'autre part, que, revenir aujourd'hui aux ... libre-échangistes, c'est vouloir marcher absolument en sens in... de l'opinion publique, qui, depuis vingt ans, a fait des progrès ...dérables sur cette question.

Il fait remarquer plus particulièrement l'attitude prise, dans cette ...stion, par M. V. Contamin, Président de la Société des Ingénieurs ... Personne n'a oublié que, dès le commencement de cette discus... le Président a appelé la plus sérieuse attention de tous sur cette ...stion des traités de commerce, qui présente une importance capitale, aussi bien pour l'industrie que pour l'agriculture. N'est-ce pas un fait ...eau et de première importance que cette question de l'agriculture ... posée devant les Ingénieurs civils? N'est-ce pas le signe de sé... études et de grandes modifications dans les idées?

Qui donc aurait pensé, il y a vingt ans, à mettre l'agriculture en pré... de l'industrie, autrement que pour les présenter comme adver... presque inconciliables sur le terrain économique?

M. le Président a fait en deux mots la philosophie de la question : ... est de satisfaire l'agriculture sans nuire à l'industrie; si nous ...solvons cette question, nous aurons fait un grand pas vers la meil...re des solutions.

M. Euverte signale un autre fait, montrant également une modifica... dans l'esprit général au point de vue économique. M. Bert, qui ... soutenir ici des idées protectionnistes, est professeur d'économie ...tique; on peut affirmer que c'est la première fois qu'on voit un phé...mène semblable! (*Rires.*)

Tous ceux qui ont suivi avec quelque attention la marche des idées ...nomiques depuis cinquante ans dans notre pays, n'ont certainement ... oublié le temps où il n'était pas permis de se dire *économiste*, si l'on ...tait pas *libre-échangiste; a fortiori*, personne ne pouvait avoir la pré...tion de devenir professeur, s'il n'appartenait pas à la petite église du ...-échange.

Il faut reconnaître que cette exagération a causé un préjudice consi...able au développement des études économiques en France; heureu...ment, les idées ont subi une profonde modification, et l'on commence ... apercevoir aujourd'hui que le libre-échange n'est pas toute l'écono... politique.

... l'on considère ce qui est arrivé à la suite des *Expositions universelles*, ... constatera, au point de vue économique, une modification analogue ... celles que nous venons de signaler.

En 1855, 1867, 1878, la tendance était de faire ressortir les triomphes ... France, et l'on ne manquait pas d'ajouter qu'elle était prête pour ... libre-échange.

La France vient de montrer au monde entier la plus grande et la ... réussite de toutes les Expositions universelles; jamais triomphe ... a été aussi complet.

Et cependant on ne croit plus au libre-échange, et l'on reste conva:· de la nécessité de la protection.

C'est qu'en effet les expositions, qui peuvent bien donner une id· · l'habileté, du goût, de l'art, de la perfection dans l'exécution, ne do:. aucune idée des prix de revient et de la véritable puissance indust·.·

On est donc revenu à des idées plus justes et plus saines sur ce p· et c'est là un véritable progrès.

M. Euverte fait remarquer que M. Fleury n'est point arrivé .ı conclusion positive sur ce qu'il faut faire dans le moment actuel; préconisé la doctrine du libre-échange, mais il n'a pas demand· cette doctrine soit appliquée à bref délai; il faut remarquer, cepe.. que la question posée par la communication de M. Bert exige un· · clusion; qu'il s'agit de savoir si, oui ou non, on doit renouveler le· ' tés de commerce; que la question du tarif des douanes se trouv·, *facto*, à l'ordre du jour, et c'est sur ce point spécial que nous av· · formuler une conclusion.

Il croit donc qu'on ne saurait utilement prolonger la discussion · principe absolu posé par M. Fleury, et que le moment est ve.. reprendre la question telle qu'elle a été posée par M. Bert.

M. Euverte rappelle que M. Bert a fait à la Société un exposé ' complet, très utile, qui était nécessaire pour bien faire connaître à grand nombre des membres de la Société la situation exacte de la Fra·. au point de vue des traités de commerce. C'est là un travail util· intéressant dont la Société doit remercier M. Bert.

Tous ceux qui ont entendu l'exposé de M. Bert se rappelleront qu'i. insisté particulièrement sur ce point que : « Chacun veut être prot· » tionniste pour soi et libre-échangiste pour son voisin. »

On se rappellera également que ce passage du discours a été viveme· applaudi.

C'est qu'en effet le point délicat est là; chacun voit son intérêt et :. veut pas voir l'intérêt de son voisin.

Il faut ajouter que, dans bien des cas, il y a de bonnes raisons po· qu'il en soit ainsi.

Dans la grande industrie, les directeurs, le Conseil d'administratio. ont mandat de défendre leur industrie, leurs ouvriers, les capitaux qu'i· représentent; ils se défendent énergiquement sans se préoccuper · . voisin ; cela est naturel.

Les Chambres de commerce, les Conseils généraux, le Parleme· obéissent également à un mandat positif; ce mandat n'a rien d'imp ratif, dans le sens précis de ce mot, mais il devient impératif par l'i· que chacun se fait des devoirs qu'il croit avoir à remplir.

M. Euverte constate que cette situation est extrêmement complexe · difficile, et qu'on ne peut arriver à une solution acceptable qu'à la co· dition de déterminer aussi exactement que possible la situation réell· de tous les intérêts en présence.

Les tableaux généraux de l'importation et de l'exportation, donnés pa M. Bert, représentant des chiffres abstraits, ne suffisent point à établir les divergences d'intérêts des diverses industries.

Si l'on veut étudier sérieusement la question, il faut examiner les

.. l'importation et d'exportation, tels que les a donnés M. Fleury, après les documents de l'administration des douanes.

On trouve alors tous les produits, importés ou exportés, divisés en grandes catégories :

Objets d'alimentation.

Matières premières nécessaires a l'industrie.

Produits fabriqués.

Cette division fait ressortir d'une manière très précise les grandes di... de l'importation et de l'exportation, et montre bien quels sont intérêts en jeu dans la question et aussi quelle est l'importance de ...an.

M. Euverte se propose de démontrer, à l'aide des chiffres extraits des documents officiels, qu'il y a lieu de décider en principe que la base ... de notre régime douanier sera la protection sérieusement établie aussi bien pour l'agriculture que pour l'industrie.

... aura lieu certainement de ménager certaines industries d'exportation et de tenir compte de situations spéciales très intéressantes ; le ... de l'étude montrera qu'à l'inverse du système libre-échangiste, prétend mettre toutes les industries sous un niveau commun de ... illimitée, le régime protecteur doit étudier toutes les situations et appliquer à chacun le régime qui lui convient :

La première catégorie qui se présente est celle des *Objets d'alimentation*, c'est dire que, dans ce chapitre, l'agriculture se trouve en cause. ..., pendant une période de vingt-cinq ans, quel a été le mouvement de ces produits à l'importation et à l'exportation :

Objets d'alimentation.

	Importations. — Millions. —	Exportations. — Millions. —
1865	198,6	861,0
1875.	801,4	825,8
1880	1 [illegible],2	827,5
1885.	1 155,3	719,8
1890.	1 107,3	816,8

... est impossible de n'être pas frappé par l'élévation énorme des chiffres de 1880, comparés à ceux de 1865.

... détaillé des faits montre que les céréales et les vins entrent pour la plus grande part dans cette différence considérable ; ces deux ..., sur lesquels M. Fleury s'est arrêté plus spécialement, méritent en effet une étude spéciale, basée sur des documents officiels spé...
...

Céréales et Farines.

	Importations. — Millions. —	Exportations. — Millions. —	Prix du quintal de froment. — Francs. —
1861.	190.0	34,1	31, »
1865.	18,4	119,1	21, »
1867.	318,9	67,4	33,25
1868.	337,6	67,3	26, »
1871.	459,6	46,8	34, »
1874.	331,1	139,1	32, »
1879.	857,4	44,0	31, »
1880.	788,5	62,6	30,50
1886.	262,4	29.9	21,61
1888.	375,4	18,9	24,25
1889.	372,8	95,3	29,50

M, Euverte fait remarquer combien sont importants les chiffres inscrits à ce tableau ; il appelle plus particulièrement l'attention sur deux points spéciaux :

En 1879, le droit d'entrée sur le froment était de *0 fr. 60* par 100 *kg*.

Importations.	857 millions.
Exportations	44 »
Prix par 100 *kg*.	31 francs.

En 1889, le droit d'entrée est de *5 francs* par 100 *kg*.

Importations.	372,8 millions.
Exportations	95,3 »
Prix par 100 *kg*.	24,50 francs.

Ainsi donc, prix plus élevé pour le consommateur au moment où le droit d'entrée était à 0,60 *f*, et importation considérable.

Le droit de 5 *f* par 100 *kg* n'a pas eu pour effet d'augmenter le prix. et il est bien permis de se demander ce que serait devenue l'agriculture, si le droit d'entrée n'avait pas été relevé ?

Pour les vins, la situation est également intéressante :

Vins.

	Importations. — Millions. —	Exportations — Millions. —
1875.	13,8	247,4
1880.	364,0	252,8
1887.	443,7	243,7
1889.	363,0	252,8

L'importation, qui était presque nulle en 1875, s'élève à 443 millions en 1887 ? c'est le budget du phylloxera.

…a situation n'est point la même ici que pour les céréales ; on ne peut …ent pas se plaindre de l'importation, puisque la France ne pro… pas.

…qu'il faut critiquer, toutefois, ce sont les erreurs, comme celles … à propos du traité avec l'Espagne, dans lequel on n'a pas tenu …pte suffisant du degré d'alcoolisation des vins.

…'il faut remarquer encore, c'est l'action utile et bienfaisante du …rce, qui a su maintenir l'exportation française, dans les situa… …tiques imposées à la production nationale.

M. Faverte donne ensuite l'état relatif aux matières premières néces… …s à l'industrie :

Matières premières nécessaires à l'industrie.

	Importations. — Millions. —	Exportations. — Millions. —
1865	1 971,4	812,6
1875	2 349,6	1 086,4
1880	2 317,5	694,0
1885	2 022,8	707,4
1889	2 060,2	784,9

…est difficile de raisonner sur cette question des matières premières …n envisage pas en même temps le mouvement des produits fabri…s.

Produits fabriqués.

	Importations. — Millions. —	Exportations. — Millions. —
1865	171,8	1 414,8
1875	385,9	1 950,4
1880	515,3	1 808,1
1885	610,3	1 630,9
1889	574,9	1 793,8

…remarquera que l'importation des matières premières est con…s…, mais il importe de considérer en même temps que nos expor… …de produits fabriqués atteignent couramment une somme de … milliards et quelquefois plus.

…est pourquoi toutes les questions relatives à l'importation des ma… premières doivent être étudiées avec un soin tout particulier.

…appréciera combien ces questions sont importantes si l'on étudie …points spéciaux, *les laines et les soies :*

Laines.

	MATIÈRES PREMIÈRES		TISSUS DE LAINE	
	Importations.	Exportations.	Importations.	Exportations.
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1865	99,8	31,2	38,1	392,6
1873	325,5	86,5	59,9	325,9
1880	370,2	132,5	68,2	370,2
1885	276,4	90,8	96,8	330,1
1889	378,1	154,0	63,6	335,9

En présence de l'énorme exportation des produits fabriqués, exportation qu'il est bien important de ne pas compromettre, on a bien des raisons d'être perplexe sur l'application des droits d'entrée à la matière première.

Mais, d'autre part, il faut bien songer à l'élevage des moutons, qui périclite en France depuis bien des années; il faut bien remarquer aussi qu'en 1865 l'importation n'atteignait pas 100 millions, et l'exportation était cependant à son chiffre le plus élévé, 392 millions.

Il faut remarquer encore que, sur une importation de laines brutes de 378 millions en 1889, on a pu réexporter, en laines brutes, pour 154 millions.

Dans ces conditions, il paraît possible de faire une part plus large aux laines brutes françaises en inscrivant un droit d'entrée sur les provenances étrangères.

L'étude sur les soies est également intéressante :

Soies.

	MATIÈRES PREMIÈRES		TISSUS DE SOIE	
	Importations.	Exportations.	Importations.	Exportations.
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1861	263,6	116,0	4,1	333,3
1865	429,3	219,8	11,2	428,5
1868	514,0	219,7	22,0	452,3
1875	405,0	211,1	37,0	376,5
1887	274,7	141,4	53,4	294,8
1889	269,7	133,4	61,0	247,8

M. Euverte fait remarquer que l'étude attentive de ce tableau fait ressortir une situation des plus délicates au point de vue du droit d'entrée qui pouvait être appliqué aux matières premières.

En effet, avant de se décider à appliquer un droit quelconque, il importe de bien examiner les faits suivants, résultant du tableau ci-dessus :

1° L'on peut constater que pendant une certaine période, concordant avec la maladie aiguë des vers à soie, les importations se sont élevées [illegible] au chiffre énorme de *514 millions*.

2° Pendant la même période, les exportations de soies brutes s'élevaient [illegible] à *220 millions par an*. C'est là un fait considérable, indiquant que [illegible] fabricants de Lyon et de Saint-Etienne, après bien des efforts, étaient [illegible] à attirer en France le grand marché des soies qui, pendant de [illegible] années, était à Londres exclusivement.

3° L'exportation des tissus de soie s'est élevée jusqu'à la somme considérable de 452 millions par an ; mais, sous l'empire de la concurrence [illegible] qui s'est développée en Suisse, en Allemagne, en Angleterre, [illegible] Amérique, etc., cette exportation est retombée au chiffre de 250 à [illegible] millions dans les années 1887-1889.

4° L'importation des tissus, qui était presque nulle en 1861, s'est élevée en 1889, à 61 millions.

Il est bien évident, pour quiconque examinera attentivement ces [illegible] considérations, que cette grande et belle industrie, qui n'est [illegible] protégée à la frontière, est soumise, pour le moment, à une lutte [illegible] vive, et il est permis d'éprouver une certaine hésitation avant [illegible] appliquer des droits sur les soies brutes à leur entrée en France.

Il faut bien remarquer, d'ailleurs, que l'agriculture française ne peut, au point de vue de la qualité, ni à celui de la quantité, suffire aux besoins de l'industrie française.

M. Euverte pense donc que c'est là un des cas où il faut renoncer à [illegible] un droit de douane à l'entrée en France.

[illegible] fait remarquer qu'il vient d'entrer dans des détails assez complets [illegible] un certain nombre de faits spéciaux, choisis parmi les plus importants. Il n'est pas dans l'intention de prolonger plus loin cette étude [illegible] ; il a voulu donner quelques exemples spéciaux pour indiquer [illegible] méthode à suivre, dans les circonstances actuelles, et pour préciser [illegible] conditions dans lesquelles cette méthode doit être appliquée.

Il [illegible] bien entendu que la protection ferme de nos industries [illegible] être la base essentielle du travail qui va être fait par les pouvoirs [illegible], mais il ne saurait s'agir ici de la protection aveugle et inconsciente, il faut l'étude, l'examen, l'enquête ; aucune résolution ne doit [illegible] prise sans avoir été précédée d'une étude approfondie.

Il ne faut pas oublier que la protection énergique, efficace, est le seul [illegible] absolument pratique de faire naître et prospérer les grandes [illegible] industries.

Il suffit de considérer ce qui se passe aujourd'hui en Amérique, en Russie, en Allemagne, pour arriver à la conviction que c'est là une [illegible] élémentaire.

On nous dira que l'Angleterre est libre-échangiste, cela est vrai, mais [illegible] ne faut pas oublier que cette nation a été pendant des siècles couverte par un régime sérieusement protecteur.

Qui donc a oublié cet *acte de navigation*, resté célèbre dans l'histoire

des relations extérieures? L'Angleterre a proclamé le libre-échange et la liberté des mers lorsqu'elle a été bien sûre que sa puissance industrielle et navale était sans rivaux dans le monde entier.

Si elle avait été aveuglément suivie dans cette audacieuse et astucieuse entreprise, elle serait devenue la maîtresse du monde au point de vue commercial, et c'est ce qu'il ne faut pas.

On nous dit, et M. Fleury nous l'a répété lui-même : « Vous voulez » la protection pour vendre cher. »

M. Euverte pense qu'il est facile de répondre à cette objection lorsqu'on est au milieu des Ingénieurs civils.

N'est-il pas de notoriété pour eux que certains produits de la construction mécanique ont été vendus à des prix incroyablement bas? A 25 *f* les 100 *kg* des ponts en fer, à 30 *f* les 100 *kg* des charpentes en fer très ouvragées!

Et l'industrie métallurgique? Cette grande industrie que le régime protecteur a créée de toutes pièces? Ne livrait-elle pas, il y a quelques mois à peine, ses produits à des prix défiant toute concurrence étrangère?

« Mais alors, disent nos adversaires, si vous pouvez produire à des » conditions aussi économiques, pourquoi demandez-vous la protection? »

M. Euverte répond à cette objection par un apologue : Lorsqu'au milieu de l'été, par un jour de grand soleil, on se promène sur les bords de la Seine, à Paris, ou à Lyon, sur les bords de la Saône et du Rhône, on est tout d'abord étonné de ce luxe de défenses contre les eaux et l'on serait assez disposé à se demander : Pourquoi tant de sacrifices? Vienne l'inondation et tous les sacrifices sont justifiés, et l'on se dit : L'argent a été bien dépensé. *(Rires.)*

Eh bien! le droit de douane est analogue à cette digue; il faut la conserver et l'entretenir avec soin, c'est le plus sûr moyen d'éviter l'inondation.

M. Euverte fait remarquer que, si nous venons de voir la puissance que peut acquérir une industrie défendue par le système protecteur, il n'est pas sans intérêt de rechercher quel a été le sort d'une industrie à peu près abandonnée à elle-même.

Il signale l'industrie des *constructions navales*, l'une des gloires de l'Angleterre, dont le développement est à peine commencé en France, parce que c'est seulement depuis une dizaine d'années que l'on a reconnu la nécessité de protéger la marine marchande et les constructions navales.

Personne ne conteste le savoir et l'expérience de nos ingénieurs, qui jouissent d'une haute considération dans le monde entier.

Lorsqu'il s'agit de navires de guerre, dont la construction demande des soins tout spéciaux, la France est supérieure à toutes les nations; elle a triomphé dans de nombreuses adjudications.

Mais, s'il s'agit de navires de commerce, nous sommes encore écrasés par l'Angleterre, qui pratique depuis cinquante ans cette industrie, que nous avons eu le tort de ne pas protéger en France, aussitôt qu'il l'aurait fallu.

La protection, qui a été principalement appliquée à l'industrie dans

...e, doit être, aujourd'hui, sérieusement appliquée à l'agriculture.
...e trouve, à l'égard de cette industrie primordiale, dans une série
...tradictions dont il importe de faire justice.

... part, M. Fleury nous disait, à la dernière séance : « L'agricul-
...est impuissante à satisfaire aux besoins du pays ; il faut bien
... au dehors. »

... autre côté, on ajoute : « Vous allez faire hausser tous les prix,
... la seule conséquence possible de la protection agricole. »

... sont là des appréciations erronées qu'il faut faire disparaître.

... agriculture est impuissante sur certains points, c'est précisément
... qu'on ne l'a pas laissée se développer et qu'on l'a abandonnée à la
...rence étrangère.

... on protège sérieusement l'agriculture ; il arrivera pour celle-ci
... est arrivé pour l'industrie : elle se développera, la concurrence
... se fera sentir et les prix baisseront.

M. ...enault le disait à la dernière séance : « Pour qu'une industrie
... développe, il faut qu'elle gagne de l'argent. »

... bien ! que l'on fasse gagner de l'argent à l'agriculture, on verra
... les prix s'abaisser sous l'action de la concurrence intérieure.

M. ... alors l'agriculture pourra vendre à plus bas prix, sans pour cela
...er, parce que la production sera plus considérable.

M. Euverte répète que le régime protecteur, appliqué avec soin et
...ement, n'entraîne pas, pour le consommateur, une élévation de

(*Approbation*.)

M. Euverte ne pense pas qu'il y ait lieu de prolonger indéfiniment
...cussion ; il croit avoir donné suffisamment d'exemples pour
... l'ordre d'idées dans lequel on doit être protégé : apporter dans
... de ces questions une investigation sérieuse, les étudier à fond,
... la science et non de l'empirisme. Et quand on tient ce langage
... Société des Ingénieurs civils, il croit qu'on est compris, parce que
... à des hommes d'étude, calculant, approfondissant les ques-
... ne donnant rien au hasard.

... les grands intérêts engagés dans la question économique, inté-
... que nous nous proposons de concilier dans la limite du possible, il
... en un sur lequel M. Euverte désire appeler l'attention : c'est l'intérêt
...exportateur.

... a été démontré, aussi bien par les tableaux que M. Euverte a mis
... les yeux de la réunion que par les chiffres détaillés, énoncés par
M. ...verte, que notre exportation de produits fabriqués s'élève à un
... qui varie *de 1 800 à 1 900 millions !*

... là un chiffre énorme qu'il ne faudrait pas laisser s'amoindrir,
... faudrait même chercher à développer.

... faut-il faire pour assurer ce résultat, tout en restant très fermes
... principe de la protection réelle et sérieuse de nos diverses indus-
...

... faut, tout d'abord, ainsi que cela a été établi plus haut, faire le
...ssaire pour que cette protection, accordée à notre industrie, ne
... pas des limites nécessaires ; il faut se garder de toute exagération.

Il faut encore montrer, proclamer notre désir d'échanger avec les autres nations.

Il faut imiter ce qui se passe en général dans nos grandes industries, où, à côté des services industriels qui doivent être rigides, absolument réguliers et minutieux dans leur action de tous les jours, on place un service commercial dont les procédés sont absolument différents.

Les agents de ce dernier service ont pour mission d'être aimables, d'aller au-devant des désirs de l'acheteur, de renseigner l'industrie sur les besoins, les goûts, les habitudes de la clientèle ; c'est cela qu'il faut imiter.

Il faut, en un mot, faire tout ce qui est nécessaire pour développer les relations ; et si nous passons d'une industrie particulière à l'industrie générale du pays, nous arrivons à la question des *traités de commerce*.

M. Euverte rappelle que, depuis un certain nombre d'années, il s'est produit un mouvement d'opinion très accentué contre les traités de commerce.

Cela tient à bien des causes, dont la principale est que, dans bien des cas, il n'a été tenu aucun compte des volontés du pays et du Parlement dans l'établissement de ces conventions.

Des intérêts qui avaient été sauvegardés avec soin par le vote des Chambres ont été compromis par les négociateurs des traités ; il est résulté de cette situation un désir à peu près général de voir la fin de ces traités et de ne pas les renouveler.

Sur ce point, tout le monde est à peu près d'accord.

Mais, est-ce à dire que la France va se refuser à toute espèce de convention avec les nations étrangères ? Allons-nous rester dans l'isolement absolu au point de vue économique ?

Cela ne peut pas être, et une telle attitude n'est venue à l'esprit de personne.

En effet, à peine avait-on décidé la dénonciation des traités de commerce, que l'on se demandait quel serait le *modus vivendi* avec les nations étrangères.

C'est alors que l'on imagina la combinaison des deux tarifs : un tarif maximum, représentant notre tarif général actuel ; un tarif minimum, destiné à remplacer le tarif conventionnel.

Par ce moyen, on ne pourrait, en aucun cas, sortir de ce qui a été édicté par le Parlement au point de vue des droits de douane ; les négociateurs pourraient se mouvoir entre les chiffres inscrits aux deux tarifs : ils pourraient accorder les faveurs du tarif minimum aux nations qui nous offriraient de réels avantages en échange ; mais la volonté du pays, exprimée par les Chambres, serait respectée.

En adoptant ce système, la France proclamera qu'elle ne veut pas l'isolement, qu'elle ne refuse pas de contracter avec les autres nations : mais elle indiquera clairement, nettement, les limites dont elle ne veut pas sortir.

M. Euverte pense que ce système présenterait certains avantages : il croit que c'est la conclusion à laquelle devrait s'arrêter la Société des Ingénieurs civils.

M. Euverte, avant de terminer cet exposé déjà trop long, insiste pour

qu'il soit bien entendu que l'agriculture et l'industrie seront également protégées.

L'antagonisme qui a existé pendant longtemps, au point de vue douanier, entre l'industrie et l'agriculture, a été une grande erreur, dans laquelle il ne faut pas retomber.

Il a été dit plus haut que l'agriculture grandira par le système sérieusement protecteur, il faut ajouter que l'industrie en profitera très largement.

Le jour où l'agriculture étant prospère, comme elle devrait l'être, deviendrait consommateur des produits de l'industrie, il ne faut pas oublier que nous trouverions autour de nous, sur notre propre sol, quelques millions de consommateurs aisés, qui sont aujourd'hui des consommateurs besogneux.

Depuis plusieurs années, tout le monde se plaint de *la crise* qui pèse sur l'ensemble de l'industrie française; cet état maladif du pays est généralement attribué à l'envahissement du pays par les produits étrangers.

Il est possible que, surtout au point de vue agricole, l'absence de protection soit une des causes de la souffrance constatée.

Mais M. Euverte pense qu'il faut encore chercher ailleurs la cause du mal dont tout le monde se plaint; il estime que le mal actuel, mal profond, incontestablement, tient surtout *au manque de débouchés pour l'industrie*.

Il n'est pas sans intérêt de s'expliquer sur ce sujet, absolument corrélatif, d'ailleurs, de la question qui nous occupe aujourd'hui.

Quiconque a suivi la marche de l'industrie française depuis 1840 jusqu'à ce jour a pu constater que de 1840 à 1880-83, la marche a été constamment progressive; chaque année constatait un pas en avant et la production était toujours plus considérable que celle de l'année précédente.

Il est d'ailleurs facile de s'expliquer cette constante progression; c'est entre 1840 et 1880 que l'on a créé pour plus de 12 milliards de chemins de fer, que l'on a renouvelé et développé tout l'outillage industriel de la France, que l'on a même contribué à la création et au renouvellement des chemins de fer et de l'outillage de certaines contrées, telles que l'Italie, l'Espagne, la Russie, la Suisse, etc.

Il ne faut donc pas s'étonner que, pendant cette période de cinquante années, le développement ait été constant.

Mais, aujourd'hui, cette œuvre est en grande partie complète, il ne reste plus guère qu'à suffire à l'entretien, et l'outillage industriel devient exubérant.

Dans cette situation, la sagesse aurait consisté à carguer les voiles, à réduire la production; on a eu le tort de ne pas le faire.

De là cette lutte insensée se traduisant par une surproduction qui amène l'abaissement immodéré des prix; de là une crise qui finit par atteindre tout le monde.

Donc, il faut le répéter, *manque de débouchés;* c'est précisément par cette raison que le développement de l'agriculture serait le salut, et que c'est l'objectif vers lequel il faut diriger les esprits.

Si, faisant un beau rêve, nous supposons la France arrivée à la réali-

sation du progrès que nous considérons comme possible, si l'hectare produisait 25 *hl* de blé, comme cela a lieu en Angleterre, au lieu d'en produire 15 en moyenne; si, au lieu d'importer des laines et des bestiaux, nous pouvions devenir exportateurs; si, en un mot, notre sol donnait tout ce qu'il peut donner; quelle somme ajoutée aux revenus du pays! Quel développement de consommation pour tous les produits industriels!

C'est là un rêve, dira-t-on? Mais ce rêve est-il donc irréalisable?

Soyons tous bien convaincus qu'en organisant aujourd'hui sérieusement le régime protecteur, nous dirigeons sûrement le pays vers la réalisation de l'idéal qui vient d'être esquissé.

Si, en attendant, on croit devoir trouver des moyens de combattre l'enchérissement résultant de l'application des droits de douanes qu'on organise *des Sociétés coopératives de consommation*; on y trouvera tout à la fois une grande source d'économie pour les consommateurs, et un précieux moyen d'éducation pour le plus grand nombre de nos concitoyens.

D'autre part, les syndicats agricoles constituent un grand élément de progrès, destiné à avoir une sérieuse influence sur la réalisation du rêve dont il vient d'être question.

Cette question des associations dans un but d'économie n'est point étrangère au sujet que nous traitons aujourd'hui.

Il s'agit, en somme, de supprimer les intermédiaires, et l'on peut affirmer que les intermédiaires sont infiniment plus onéreux pour le pays que le système protecteur, quelque rigoureux qu'il soit.

En résumé, M. Euverte pense que l'on doit attendre d'importants résultats du régime protecteur bien organisé.

Il considère comme indispensable de tenir compte de tous les intérêts en présence, et que tout en protégeant résolument l'agriculture et l'industrie, il ne faut pas sacrifier l'intérêt des exportateurs.

Si donc on dénonce tous les traités de commerce, le système du double tarif doit être étudié très sérieusement pour bien démontrer que la France ne désire pas rester dans l'isolement économique.

Pour réaliser ce programme, il faut une étude sérieuse, il faut mettre la science à la place de l'empirisme; telle paraît devoir être la véritable conclusion de la Société des Ingénieurs civils. *(Vifs applaudissements.)*

Enfin, M. Euverte demande à ajouter un mot sur une question particulière qu'il comptait traiter dans sa discussion.

Nous sommes tous d'accord sur la nécessité de ne résoudre toutes ces importantes questions économiques qu'après étude approfondie.

Mais pour se livrer à ces investigations, il faut avoir des connaissances spéciales, et il faut bien dire que ce genre d'instruction est peu répandu dans le pays.

M. Euverte rappelle, à ce propos, une conférence faite ici par M. Couriot sur l'organisation de l'enseignement commercial et professionnel: il est convaincu que l'un des moyens les plus efficaces pour donner au pays les connaissances qui lui manquent sur ces sujets importants serait une bonne organisation de l'enseignement dont il vient d'être question.

On ne saurait méconnaître que nous vivons dans un temps où les

...ences économiques prennent chaque jour plus d'importance ; et l'on ... oblige de constater, d'autre part, que cet enseignement spécial ... peu près défaut dans le pays.

... faits économiques les plus importants de la France et des autres ... sont réunis dans de gros volumes que très peu de personnes ...isent, encore moins savent les comprendre et les interpréter.

... serait donc bien utile de reprendre un jour la question posée par M. ...not. Il y aurait le plus grand intérêt pour le pays à organiser ...ment l'enseignement commercial et professionnel. (*Applaudissements.*)

M. le Président dit que les applaudissements qui viennent d'accueillir ... exposé de M. Euverte prouvent l'intérêt avec lequel on l'a ... développer ses arguments, qui peuvent se résumer ainsi : pro... notre industrie en tenant compte de l'excédent de main-d'œuvre ... payons et des charges fiscales plus grandes que nous avons à ... puis s'attacher au développement de notre prospérité agricole, ...ment liée à celle de notre industrie, dont elle constitue le client ... important. Éviter enfin des droits exagérés qui, en enlevant au ... son meilleur stimulant, « le besoin d'améliorer pour vivre », nous ...ent à nous laisser devancer par nos voisins. M. le Président ... M. Euverte, au nom de la Société, de son exposé si intéressant ... résume si bien les impressions et les enseignements qu'il a puisés ... longue vie de travail et d'études. (*Approbation.*)

M. E. Simon demande à présenter une courte observation au sujet ... comparaison que M. Euverte a faite entre les importations et les ...tations de lainages. Ainsi que l'a dit notre collègue, il a effleuré ... question uniquement pour montrer l'utilité de la protection, en ce ... concerne les lainages comme les autres produits. Mais il n'est peut-... pas inutile de remarquer que la comparaison des importations avec ...portations ne donne pas, dans ce cas, l'état exact du marché ; les ... s'appliquent à deux spécialités distinctes : ce sont des lainages ... qui fournissent la majeure partie des exportations, et des lainages ... qui sont surtout importés ; de sorte que l'industrie du *cardé* ... beaucoup, tandis que l'industrie du *peigné* est relativement pros-...

... observation vient à l'appui de ce que disait M. Euverte : Il est ...pensable d'étudier ces questions de très près, parce qu'il y a des ... très divers en présence.

M. ...mou, malgré l'heure avancée, demande la permission de citer ... chiffres qui justifient l'établissement de droits protecteurs ou ...ateurs. La situation budgétaire de la France est telle que l'im... par tête, s'élève dans notre pays à 115 francs, tandis qu'il est, en ...que, de 35 francs ; en Allemagne, de 50 francs ; en Angleterre, de ...

M. P. Gasnier dit qu'il ne se rangera pas complètement à l'avis de M. Euverte, car, si l'on fait deux tarifs, il y aura des conventions avec ... peuples et il est à craindre qu'on ne retombe dans les inconvé...ts des traités de commerce, à savoir que le législateur français n'aliène

sa liberté de relever ses tarifs, alors même que les besoins du pays l'exigeraient.

M. Gassaud reconnaît, toutefois, que dans le système proposé par M. Euverte, les inconvénients des traités de commerce se trouvent atténués par ce fait que le tarif minimum ou, en d'autres termes, le maximum des concessions que les négociateurs peuvent consentir, est fixé d'avance par le législateur français, et qu'il serait, du reste, possible qu'il se réservât la liberté de reviser son tarif minimum quand il le jugerait nécessaire.

Mais le double tarif proposé par M. Euverte a encore un autre inconvénient, d'après M. Gassaud : si l'on continue, comme on l'a fait jusqu'ici, de comparer la France à une maison de commerce ou d'industrie, peu importe dans ce cas, on peut regarder comme des clients les pays avec lesquels elle se trouve en relations et avec lesquels on sera appelé à traiter. Il est d'usage de faire aux clients des concessions plus ou moins grandes, suivant l'importance des affaires traitées ; or, ici l'on va appliquer soit le tarif maximum, soit le tarif minimum, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas de graduation.

D'ailleurs, le tarif maximum que l'on élaborera n'a que peu d'importance, car il ne sera pour ainsi dire jamais appliqué. Nous avons aujourd'hui des traités de commerce avec presque tous les pays *commerçables*, et ils contiennent tous la clause de la nation la plus favorisée ; on peut par analogie en conclure que le tarif minimum sera toujours seul appliqué. Il est bon de ne se faire, à ce sujet, aucune illusion.

D'autre part, si l'on fait un double tarif, on devra toujours réserver au pouvoir exécutif le droit de *relever* par décret le *tarif maximum* vis-à-vis de telle ou telle nation, si le besoin s'en faisait sentir, de même que le gouvernement a été autorisé à relever vis-à-vis de l'Italie notre tarif général actuel par des taxes différentielles.

Pour toutes ces raisons M. Gassaud pense qu'on doit s'en tenir à élaborer un tarif minimum qui, compensant par un droit de douane l'excédent d'impôts que supporte le producteur français, établisse cet *égal échange* qu'il réclamait en répondant à M. Fleury dans la dernière séance.

La faculté réservée au pouvoir exécutif de relever par décret le tarif minimum suffirait au cas où l'on se trouverait en face de nations voulant frapper les produits français de droits de douane excessifs.

M. Gassaud demande à faire toutes réserves au sujet de ce qui a été dit relativement aux soies, aux laines, au blé et au vin. Si pour des motifs d'intérêt général on croit, précisément, en face de mauvaises récoltes, devoir renoncer aux taxes compensatrices sur les produits agricoles étrangers, on sera obligé d'avoir recours à des primes directes à l'agriculture pour compenser le préjudice qui lui serait causé dans les années mêmes, où elle peut le moins le supporter. Ce n'est, en effet, que lorsqu'on est assuré de réaliser des bénéfices que la production se trouve stimulée, ainsi que l'a dit M. Cornuault, et l'observation est aussi juste en ce qui concerne l'industrie agricole qu'en ce qui touche l'industrie minière ou manufacturière.

Au sujet du droit de douane sur les blés étrangers, M. Gassaud croit

devoir ouvrir une parenthèse pour répondre à ce qu'a dit M. Fleury dans la précédente séance, que les droits actuels sont plus que suffisants pour le département du Nord, mais beaucoup trop faibles pour celui de la Creuse ; cela ne lui parait pas exact. Il est certain que l'on n'arrivera probablement jamais à obtenir une fertilité égale sur tous les points de la France, mais cela a peu d'importance dans la question, car le loyer de la terre est fonction de la fertilité du sol, et, par suite, la protection se trouve proportionnée aux capitaux qui y ont été engagés.

On pourrait répéter pour les vins, les soies, etc..., ce qui vient d'être dit plus spécialement pour les blés, mais, sans s'y arrêter, M. Gassaud remarque que si M. Euverte en revient presque aux idées qui ont amené aux traités de commerce, c'est peut-être parce que, comme industriel, il attache au marché de l'exportation une trop grande importance.

A l'appui de cette opinion, M. Gassaud demande la permission de citer les paroles mêmes que prononçait, en ouvrant la session 1890, M. le Président de la Société des Agriculteurs de France :

« Songeons que nous avons à l'intérieur, ou dans nos colonies, un » marché de *vingt-cinq milliards* qu'il est possible de rendre profitable, » à la fois, aux producteurs et aux consommateurs, et qu'il serait bien » malhabile de livrer à nos redoutables concurrents ; gardons-nous » comme d'une folie de sacrifier ces *vingt-cinq milliards* à une exporta- » tion qui atteint à peine et, probablement, ne dépassera jamais *trois* » *milliards*. »

Ce sont ces chiffres qu'il ne faut pas perdre de vue dans la question qui s'agite, et que M. Gassaud a tenu à signaler à la Société.

M. Gassaud ajoute qu'il avait manifesté, à la dernière séance, l'espoir que l'un de nos collègues traiterait d'une façon toute spéciale la question des tarifs de pénétration, qui est intimement liée à celle des traités de commerce ; personne n'ayant demandé la parole à ce sujet, il croit nécessaire d'en dire quelques mots.

Que servirait, en effet, que le Parlement fixe notre tarif minimum de douanes, si, par des tarifs de pénétration qui sont de véritables primes aux produits étrangers, certaines compagnies de transport peuvent complètement modifier les droits de douanes, les annuler et même, dans certains cas, créer des primes effectives à l'importation.

Aussi, M. Gassaud demande-t-il qu'en aucun cas un produit étranger ne puisse payer sur les rails français un prix inférieur à celui acquitté par le produit similaire indigène. C'est ce que demandent de nombreuses Sociétés d'agriculture, des Chambres de commerce et plusieurs Conseils généraux.

A ce sujet, M. Lecouteux, l'éminent économiste, a reproduit, dans le numéro du 10 avril du *Journal d'Agriculture pratique*, l'extrait suivant de la lettre adressée aux membres du Parlement par l'Union des Associations agricoles du Sud-Est :

« On sait que de Cette ou Port-Saint-Louis-du-Rhône, tout vin étran- » ger, italien, espagnol, autrichien, est transporté à Paris avec une

» prime de faveur par rapport au vin français expédié au même point,
» prime qu'on peut évaluer à environ 0,90 *f* à 1 *f* par hectolitre.

» Le vin de Hongrie, expédié sur Paris de Passau (quai du Danube), » n'acquitte qu'un prix total de 44 *f* la tonne, alors que, pour la même » distance, le vin du Roussillon ou de l'extrême Var acquitte 50 *f* à 54 *f* » la tonne. Cela revient à dire que le misérable droit de 2 *f* par hecto- » litre, réservé par les traités, se trouve réduit à 1 *f*.

» Conclusion : les représentants de la nation trouvent un droit de » 4,50 *f* (chiffre du tarif général) nécessaire à la protection de la viti- » culture nationale ; au même moment, les négociateurs du traité et » les Compagnies de chemins de fer s'entendent pour annihiler cette » décision et réduire ce droit de 80 0/0.

» Il en est de même pour les légumes et fruits frais. — Le tarif soi- » disant de guerre avec l'Italie fixe à 50 *f* l'entrée de la tonne de lé- » gumes frais italiens, à 10 *f* celle de la tonne de fruits frais, à 75 *f* » celle des raisins frais. Immédiatement, un tarif de transport interna- » tional survient, qui permet à tous les légumes frais et fruits frais, en » provenance de Milan (930 *km*) et de Turin (786 *km*) d'arriver à Paris » pour le prix uniforme de 140 *f* la tonne, alors que les arrivages de » fruits français, pour une distance moindre, de la région Barbentane, » Avignon sur Paris, acquittent plus de 200 *f*, et ceux de légumes frais » plus de 155 *f*. C'est ainsi que ce droit de 75 *f* par tonne, protecteur » de nos raisins frais, qui semble exorbitant, se trouve réduit à 15 *f* ; » quant aux autres fruits italiens, ils restent, tout compte fait de la » douane et de la pénétration, *primés de 50 f la tonne* par rapport à » leurs similaires français. »

M. Gassaud rappelle qu'à leur dernière session, les Conseils généraux de l'Hérault et du Gard viennent de renouveler leurs vœux en faveur d'une revision des tarifs de pénétration dans le sens indiqué par lui-même.

On ne saurait, d'après lui, étudier d'une façon complète la question des traités de commerce et tarifs de douane sans envisager en même temps celle des tarifs de pénétration.

M. le Président remercie M. Gassaud des considérations qu'il vient de développer, mais il fait remarquer que la question des tarifs de pénétration n'est pas à l'ordre du jour.

M. G. Cerbelaud, sans aborder le fond de la question, demande à répondre quelques mots. M. Gassaud a produit des chiffres qui sont évidemment puisés à bonne source et contrôlés avec soin, mais il faut se mettre en garde contre un procédé de discussion très employé aujourd'hui et qui consiste à comparer le prix total d'un tarif français avec la part revenant au chemin de fer français dans un tarif international appliqué au produit similaire. On en déduit que la Compagnie française avantage le produit étranger, ce qui est inexact, car si l'on compare le coût total du transport qui, dans les deux cas, grève la marchandise, on reconnaît que l'avantage reste au produit français.

M. le Président dit que, pour le moment, il faut se borner à la dis-

... des traités de commerce. M. Gassaud a émis l'opinion de n'avoir ... tarif minimum, au-dessous duquel on ne puisse descendre, et ... pourrait majorer dans certains cas déterminés dans nos rapports ... tel ou tel pays; cette opinion a-t-elle d'autres adhérents?

M. Ch. [illegible] ne croit pas utile de chercher à démontrer de nou... l'intérêt qu'il y a à préserver l'industrie française. Cependant, il ... indiquer comme une preuve de cette nécessité, certains ... qui, ce jour même, ont été apportés ici dans une réunion de la ... syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de ... dont il a l'honneur d'être le Président.

Cette Chambre syndicale, qui représente un groupe occupant cinquante ... ouvriers, étudie justement, depuis quelque temps, sur l'invitation ... pouvoirs publics, la question que notre Société est en train de dis...

..., voici un renseignement communiqué à la réunion dont il vient ... parlé, et extrait de documents présentés à la Chambre de commerce ... Paris par M. Delaunay-Belleville :

« Pendant les dix premières années qui ont suivi la conclusion des ... de 1860, l'importation des machines à vapeur s'était maintenue ... environs de son chiffre antérieur sans écarts notables, mais, après ... événements de 1870-71, ces importations prennent une allure rapi... croissante et passent brusquement de 1 000 000 en 1871 à ... en 1872, 2 000 000 en 1873, plus de 5 000 000 en 1874, pour ... maintenir à ce chiffre jusqu'en 1880; cette importation atteint alors ..., puis 14 000 000 en 1881, 25 000 000 en 1882, et 32 000 000 en 1883.

« L'importation des machines à vapeur était à ce moment devenue ... fois plus considérable qu'en 1871 et dans les années antérieures; ... était pour cette même année 20 fois plus forte que l'exportation des ... mêmes articles.

« Je n'ai pas besoin d'insister sur la situation anormale et profondé... ment fâcheuse que constatent ces chiffres, malheureusement trop élo... quents.

« Depuis, grâce aux efforts énergiques des constructeurs français, l'im... portation étrangère, portée au maximum en 1883, a diminué progres... ... ment; mais elle était encore l'an dernier d'un tiers plus élevée que ... exportations. »

Après une étude approfondie, la Chambre des Mécaniciens, a émis ...

« 1° Qu'il faut renoncer à tous les traités de commerce; — 2° qu'il ... établi un tarif général susceptible d'être augmenté ou diminué ... article, suivant les cas, les diminutions ayant pour limite un tarif ... minimum qu'il faudra établir et au-dessous duquel on ne pourra ja... ... descendre, quels que puissent être les avantages offerts. Le tarif ... minimum ne pourra être modifié que par une loi; — 3° que l'industrie ... mécanique ayant besoin d'être protégée, au point de vue de l'expor... tation, il soit établi, à défaut de primes à l'exportation, un régime

» stable et pratique pour les admissions temporaires ou les drawbacks;
» — 4° que l'Algérie et les colonies soient assimilées à la Métropole; —
» 5° qu'un règlement des tarifs de pénétration et de transit soit établi
» de manière à ce que nos nationaux puissent jouir des mêmes avan-
» tages que les étrangers. »

Quant à la question spéciale de savoir quel tarif de base il faudrait appliquer dans les négociations dernières, M. Herscher dit que beaucoup de ses collègues pensent, contrairement à l'opinion émise par M. Gassaud, qu'il faut éviter de partir d'un tarif minimum unique qu'on élèverait suivant les cas. Ce serait alors une sorte de représaille, et il semble difficile de l'admettre. La forme, en effet, a une certaine importance et on peut arriver aux mêmes résultats en évitant des froissements toujours fâcheux. A tous égards, le mieux lui paraît de considérer le tarif minimum comme une limite au-dessous de laquelle nos négociateurs ne pourraient descendre. Le tarif général serait toujours prêt à être appliqué aux nations avec lesquelles aucun accord n'interviendrait; et entre les deux tarifs, article par article, on pourrait accorder des concessions diverses, suivant les cas, et d'importance variable, en proportion des avantages qui seraient offerts à la France.

On disposerait ainsi d'un procédé infiniment souple qui permettrait de faire pour le mieux, suivant les circonstances, sans jamais risquer de compromettre les intérêts primordiaux de notre production nationale.

M. Ed. Roy cite ce fait qu'ayant eu à acheter des instruments agricoles à un Syndicat à Paris, il n'avait trouvé en magasin que des machines de fabrication anglaise.

M. E. Polonceau, répondant à une question de M. Béliard, dit qu'en effet les Compagnies françaises de chemins de fer ont dû, à un moment donné, commander des locomotives à l'étranger; mais c'est qu'alors il y avait nécessité de se pourvoir rapidement du nombre de machines indispensable pour assurer la mobilisation. D'ailleurs, on ne s'est adressé à l'étranger que quand les fabriques françaises, surchargées de commandes, ont déclaré ne pouvoir livrer dans les délais très courts imposés. Il y avait là une question de sécurité nationale qui forçait de passer par-dessus toutes les autres considérations. *(Applaudissements.)*

Un Membre fait observer que, si un industriel a avantage à acheter une machine à l'étranger, il ne faut pas lui en faire un crime; dans ce cas, ce n'est pas la faute de l'acheteur, c'est la faute du tarif de douane.

M. le Président remet, vu l'heure avancée, la suite de la discussion à la prochaine séance.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 16 mai 1890

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'être obligé d'annoncer à la Société que quatre de ses membres viennent d'être de nouveau enlevés à l'affection de leurs familles, à l'estime et à la considération de leurs collègues :

M. L. de Loriol, qui appartenait à notre Société depuis 1872 ;

M. Ch. Viron, l'un de nos collègues les plus anciens et les plus estimés; membre de la fondation ;

M. M.-E. Ameuille;

Et M. G.-A. Berthon, jeune collègue, sorti de l'École centrale depuis un an, ingénieur et attaché aux établissements Cail, vient, lui aussi, de disparaître après une courte maladie, laissant sa famille et ses amis sous l'impression d'un sentiment de profonde tristesse. Puisse l'expression de affectueuse sympathie adoucir le chagrin de leurs parents et amis!

M. le Président annonce la nomination de notre collègue, M. Gasne, au grade d'officier d'académie et est heureux de lui adresser les félicitations de la Société pour la distinction qu'il vient d'obtenir.

M. Bertrand de Fontviolant a la parole pour présenter une analyse d'un *Mémoire sur la Statique graphique des arcs élastiques*, qui sera inséré *in extenso*, au Bulletin.

La Statique graphique a pris, dans ces dernières années, un développement considérable auquel M. Maurice Lévy, membre de l'Institut, a puissamment contribué par ses beaux ouvrages sur cette matière, et par son enseignement à l'École centrale et au Collège de France.

L'une des parties les plus importantes de la Statique graphique est, sans contredit, celle qui a pour objet la détermination des conditions de résistance des poutres en arc assujetties à des liaisons surabondantes (1). C'est là principalement que se manifeste la supériorité des méthodes graphiques sur les méthodes analytiques, au point de vue de la rapidité dans les applications.

M. Maurice Lévy a donné, dans son grand Traité de Statique graphique, une théorie des arcs de cette espèce, fondée sur des théorèmes d'une remarquable simplicité, qui peuvent, à volonté, être développés analytiquement ou graphiquement.

(1) On dit qu'une poutre est assujettie à des conditions surabondantes, lorsque les réactions de ses appuis ne peuvent être déterminées par les règles de la statique pure, c'est-à-dire sans l'intervention de la théorie de l'élasticité.

Ces théorèmes reposent sur une hypothèse qui consiste à négliger les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, devant celles généralement beaucoup plus importantes dues au moment fléchissant.

L'approximation qui résulte de cette hypothèse est d'ordinaire suffisante en pratique. Cependant il est des cas, notamment lorsqu'il s'agit d'arcs surbaissés, où les déformations dues à la tension longitudinale ont une importance telle qu'il est nécessaire d'en tenir compte dans les calculs et dans les épures. Il y a donc intérêt, au double point de vue de la théorie et des applications, à rechercher si l'on ne pourrait, par des modifications simples, introduire, dans les théorèmes dont il s'agit, les quantités actuellement négligées, tout en conservant à ces théorèmes leur forme d'ensemble qui se prête si bien aux développements graphiques.

Dans son Mémoire, M. Bertrand de Fontviolant établit deux règles qui constituent la solution générale et complète de cette question : la première est relative à l'introduction de la tension longitudinale seule ; la seconde, à l'introduction simultanée de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Première règle. — Soient E le coefficient d'élasticité constant ou variable de la matière dont est formé l'arc considéré, D le centre de gravité d'une section arbitrairement choisie, I le moment d'inertie et r le rayon de giration de cette section autour d'un axe mené par D perpendiculairement au plan de la fibre moyenne, M le moment fléchissant en cette même section.

Posons

$$I' = 2I;$$

puis convenons d'appeler :

1° *Points conjugués* relatifs à la section considérée, les deux points H″ et H‴ obtenus en portant sur la normale en D à la fibre moyenne, au-dessus et au-dessous de D, deux longueurs $DH'' = DH''' = r$;

2° *Moments conjugués* relatifs à la section D, les sommes des moments par rapport aux points H″ et H‴, des forces extérieures appliquées à droite (ou à gauche) de cette section, sommes que nous représenterons par $\mathfrak{M}'$;

3° *Lignes conjuguées*, les deux lieux formés par les points conjugués relatifs aux différentes sections de l'arc. Ces lignes et la fibre moyenne se correspondent point par point ; nous désignerons par $d\sigma'$ l'élément de courbe qui, sur l'une ou l'autre ligne conjuguée, correspond à un élément ds de la fibre moyenne.

Les propositions fondamentales sur lesquelles M. Maurice Lévy fait reposer la théorie des arcs, portent, comme on le sait, sur certaines propriétés dont jouissent des forces fictives parallèles, d'intensité $\frac{M\,ds}{EI}$, appliquées aux divers éléments ds de la fibre moyenne de ces arcs.

[illegible] remplaçant le moment fléchissant et la tension longitudinale en [illegible] les moments conjugués, soit dans les expressions classiques [illegible] déformations élastiques, soit dans celles qu'il a données dans un [illegible], M. Bertrand de Fontviolant obtient, dans son Mé[illegible] nouvelles formules générales d'où il déduit la règle suivante :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale, [illegible] les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il [illegible] remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M\,ds}{EI}$, *appliquées aux di[illegible] éléments ds de la fibre moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'\,ds}{EI}$, *paral[illegible] aux premières et appliquées aux divers éléments ds' des deux lignes [illegible].*

[illegible] règle. — Toutes les notations autres que les suivantes, restant [illegible] indiquées, désignons par λ le rapport du coefficient [illegible] longitudinale au coefficient d'élasticité transversale de la [illegible] constituant l'arc, et posons

$$r' \ldots 31.$$

[illegible] maintenant d'appeler :

1° Points conjugués relatifs à une section de centre de gravité D, les [illegible] H', H'', H''', dont les coordonnées rapportées à la tangente [illegible] moyenne comme axe des x et à la normale comme axe [illegible] suivantes

$$x' = \ldots \frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \quad x'' = \ldots \frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \quad x''' = \ldots r\sqrt{2\lambda}$$

$$y' = \ldots \frac{r\sqrt{6}}{2}, \quad y'' = \ldots \frac{r\sqrt{6}}{2}, \quad y''' = 0;$$

2° Moments conjugués relatifs à la section D, les sommes des moments [illegible] aux trois points H', H'', H''', des forces extérieures appliquées [illegible] à gauche de cette section; nous représenterons ces sommes [illegible] $\mathfrak{M}$.

3° Lignes conjuguées, les trois lieux formés par les points conjugués [illegible] aux différentes sections de l'arc. Ces lignes et la fibre moyenne [illegible] correspondent point par point; nous désignerons par ds' l'élément [illegible] sur l'une quelconque des trois lignes conjuguées, correspond [illegible] ds de la fibre moyenne.

[illegible] par une analyse fondée sur une substitution analogue à [illegible] plus haut, M. Bertrand de Fontviolant établit dans son [illegible] de nouvelles formules générales d'où il tire la règle suivante :

[illegible] déformations élastiques dans les pièces à fibres moyennes planes ou gauches [illegible] de la Société des Ingénieurs civils d'août 1888 et de mars 1889.)

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M\,ds}{EI}$*, appliquées aux divers éléments ds de la fibre moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'\,ds}{EI'}$*, parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments* $d\sigma'$ *des trois lignes conjuguées.*

Applications et conséquences. — Les deux règles précédentes généralisent les théorèmes relatifs aux arcs élastiques, sans en changer la forme d'ensemble ; il en résulte que le développement analytique ou graphique des théorèmes généralisés est entièrement analogue à celui des théorèmes primitifs.

Le Mémoire contient les principales applications et conséquences de ces règles : outre la généralisation des beaux théorèmes de M. Maurice Lévy sur la ligne de poussée des arcs de différents types, l'auteur donne la généralisation des théorèmes qu'il a établis dans un précédent Mémoire (1) en ce qui concerne la construction des déformations élastiques des pièces courbes et la détermination des diverses lignes d'influence des arcs encastrés aux deux extrémités.

En terminant M. Bertrand de Fontviolant remercie la Société de la bienveillante attention qu'elle lui a accordée, et fait hommage de son Mémoire aux éminents Maitres dont il a eu le bonheur d'écouter les leçons et dont il n'oubliera jamais les précieux conseils et les affectueux encouragements. *(Applaudissements.)*

M. le Président félicite M. Bertrand de Fontviolant d'avoir complété d'une manière aussi simple et aussi élégante la résolution du problème très intéressant dont il vient de donner la solution, et il le remercie au nom de la Société de lui conserver la primeur de ses communications si claires et d'une utilité si incontestable. Mais il croit, après cette justice rendue aux travaux de notre savant collègue, devoir adresser une critique, non pas à ses travaux, mais à la tendance toujours croissante qu'a l'enseignement actuel de substituer des procédés géométriques et graphiques aux méthodes philosophiques et mathématiques qui constituaient, il y a peu d'années encore, la science de la résistance des matériaux telle qu'elle a été établie par les maitres de la mécanique. Il admet l'usage des solutions graphiques et des épures comme complément des solutions analytiques et pour bien faire ressortir les variations des fonctions que l'on a à considérer ; mais il a été à même de constater bien des fois que la multiplicité des solutions graphiques finissait par faire perdre de vue les principes fondamentaux de la science, les limites entre lesquelles il faut se tenir pour appliquer les résultats obtenus et, par suite, l'interprétation qu'il y a lieu de donner à ces résultats.

(1 Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de mars 1889.

M. Bertrand de Fontviolant exprime le regret de ne pas partager [illegible] opinion qui vient d'être émise par M. le Président sur les [illegible] graphiques.

[illegible] pas qu'on doive restreindre l'emploi de ces méthodes à la [illegible] géométrique des variations des fonctions obtenues analytiquement : ce serait sacrifier complètement la *Statique graphique*. [illegible] n'ont, d'ailleurs, aucun rapport direct avec ce mode [illegible] présentation employé dans toutes les sciences ; ce serait se [illegible] puissant auxiliaire dont les mérites incontestables se résument [illegible] mots : simplicité et rapidité dans les applications, [illegible] chances d'erreur et facilité des vérifications.

[illegible], l'analyse fournit la solution algébrique de [illegible] de Résistance, quelle qu'en soit la complication, les [illegible] auxquels son application donne lieu sont souvent [illegible], quelquefois même inextricables. Dans de tels cas, l'In[illegible] temps est toujours compté, n'a d'autre alternative que [illegible] méthodes graphiques, ou de renoncer à résoudre la question [illegible] hésitation ne lui est pas permise.

[illegible] à la *Statique graphique* de faire perdre la notion exacte [illegible] fondamentaux de la Résistance des matériaux. On reconnaîtra [illegible] qui concerne le véritable Ingénieur qui possède une [illegible], l'objection ne porte pas. En quoi, d'ailleurs, une cons[illegible] peut-elle dérouter davantage qu'un calcul algébrique [illegible] l'autre reposent sur les mêmes données, sur les [illegible], s'écrivent sur les mêmes équations, et conduisent à des [illegible] par des moyens qui seuls diffèrent ?

M. [illegible] Fontviolant est loin de prétendre qu'il faille renoncer [illegible] Statique analytique et lui substituer la Statique graphique ; [illegible] convaincu que la seconde est le corollaire indispensable de [illegible]

[illegible] est inexact de dire qu'il y a deux Statiques, l'une analytique [illegible] graphique. La science de la Statique est une ; mais [illegible] peuvent être développées de deux manières, algébriquement [illegible] géométriquement.

[illegible] modes de développement sont si intimement liés que l'étude [illegible] de l'autre peuvent se faire parallèlement. L'Algèbre et [illegible] se prêtant ainsi un mutuel appui et éclairant, tour à tour, [illegible] sous un jour différent, pour en mieux faire apparaître [illegible]

[illegible] M. Bertrand de Fontviolant pense que les méthodes [illegible] devraient être enseignées dans les écoles techniques, concurremment [illegible] méthodes algébriques, car elles constituent un instrument [illegible] qu'il est nécessaire de mettre entre les mains des Ingénieurs [illegible], d'ailleurs, ce qui a lieu à l'École centrale.

M. Pourcelet dit qu'avec les méthodes graphiques, on ne peut pas [illegible] aux erreurs. Notre ancien et sympathique président, M. Eiffel, [illegible] usage de ces méthodes graphiques pour la plupart de ses [illegible] notamment pour la Tour.

M. le Président est d'accord sur le point consistant à prendre les méthodes graphiques comme complément des méthodes analytiques pour représenter les variations de certaines fonctions dont on détermine par le calcul les caractéristiques des tracés ; c'est le moyen que tout le monde emploie et auquel, lui aussi, a recours dans ses études. Mais la tendance toujours plus grande de substituer des tracés et des solutions géométriques aux principes sur lesquels est basée la mécanique lui fait craindre que l'interprétation des résultats obtenus par ces procédés finisse par s'écarter de plus en plus de celle qui, réellement, doit leur être donnée.

M. Chaudy ne croit pas qu'il est bon de faire usage, d'une manière absolue, soit du calcul analytique, soit du calcul graphique. Dans certains cas, que le calculateur sait reconnaître, le calcul graphique peut avec avantage remplacer le calcul analytique; dans d'autres cas, celui-ci est préférable à celui-là.

En ce qui concerne les arcs élastiques, le premier calcul à effectuer est celui de la poussée. On fera ce calcul analytiquement ou graphiquement selon le cas. Il s'agira ensuite de déterminer les valeurs des résistances des fibres extrêmes dans chaque section. Cette détermination est toujours très longue à effectuer sans le secours des opérations graphiques. Au contraire, en traçant sur une épure, avec la ligne moyenne et le polygone des pressions, les deux *lignes principales* de l'arc, on arrive rapidement et exactement aux résultats cherchés. Ainsi, dans le cas d'un arc à section constante, les résistances des fibres extrêmes sont représentées respectivement par les segments verticaux comptés entre les lignes principales, d'une part, et le polygone des pressions, d'autre part.

M. Chaudy a fait connaître les lignes principales des pièces élastiques et leur usage dans le calcul des arcs dans un article du *Génie Civil* du 12 janvier 1889. Il pense que ses collègues de la Société, qui s'occupent de construction, voudront bien lui faire l'honneur de le lire, et qu'ils reconnaîtront le bon parti que l'on peut tirer des indications qu'il a données.

M. le Président remercie M. Chaudy d'avoir rappelé cet article du *Génie Civil*, que beaucoup d'entre nous avaient, d'ailleurs, lu avec le plus grand intérêt, et il donne la parole à M. E. Bert pour continuer la discussion sur *les traités de commerce*.

M. Émile Bert dit qu'après les remarquables discours de MM. J. Fleury et J. Euverte, il est un peu inquiet pour venir encore entretenir la Société de la question des traités de commerce ; s'il le fait, c'est à cause de l'importance du sujet et pour réfuter les théories exposées par M. Fleury, qu'il considère comme funestes à l'intérêt du pays si, par malheur, elles venaient à dominer chez nous, ce qui, aujourd'hui, ne paraît pas probable (1).

Il rappelle que dans la communication qu'il a faite précédemment, il a principalement examiné (abstraction faite de tout système économi-

(1) Voir le texte *in extenso* de cette communication dans le *Bulletin* de mai 1890.

[illegible] y avait lieu de dénoncer les traités de commerce actuels et les [illegible] ou y renoncer ; et, qu'après avoir démontré qu'ils n'ont [illegible] les avantages qu'on leur a trop gratuitement accordés, il avait [illegible] il fallait abandonner ce système pour reprendre notre indé[illegible].

M. Fleury n'a rien répondu à ces arguments et il n'a fait valoir aucun [illegible] en faveur des traités de commerce. Il a complètement laissé cette [illegible] de côté pour faire l'apologie du libre-échange. Il a ainsi fait [illegible] la discussion de la voie où elle s'était engagée.

[illegible] de réfuter les idées présentées par M. Fleury, M. Bert revient [illegible] sur les traités de commerce et montre que, contrairement à ce [illegible], ils ne favorisent point l'exportation des objets fabriqués. [illegible] renseignements publiés par M. Domergue dans son remarquable ouvrage (2) :

[illegible] à 1839 notre exportation	en objets	fabriqués	dépasse	0/0
	notre importation de			78.95
[illegible] — 1849	—	—		81.77
[illegible] — 1854			—	86.56
[illegible] — 1859	-	-	--	89.12
[illegible] — 1864	—		—	84.09
[illegible] — 1869	-	--	—	75.34
[illegible] 1874	--	--	—	66.03
[illegible] 1879	-	—	—	54.33
[illegible] — 1884	-	—	—	47.31

[illegible]n argument irréfutable, qui se passe de commentaires.

M. Paul Bert abandonne la question des traités de commerce pour [illegible] M. Fleury sur le terrain où il s'est placé. D'après lui, il ne faut [illegible] se déclarer a priori partisan du libre-échange ou de la protection ; [illegible] affaire de temps et de circonstances, l'un ou l'autre de ces systèmes [illegible] sera bon ou mauvais suivant la situation du pays. Il [illegible] son avis, le meilleur régime économique sera celui qui aura [illegible] effet de porter la production nationale à son maximum de puissance.

[illegible] de la « balance du commerce » vivement critiquée par [illegible]

[illegible] répond à M. Esverte qui a dit : qu'il ne faut pas s'en rapporter [illegible] en lisant le total des importations et des exportations, mais [illegible] les produits, comme le fait l'administration, en trois grandes [illegible] objets d'alimentation, matières nécessaires à l'industrie, pro[illegible]. Cette division est défectueuse, car l'administration range [illegible] objets d'alimentation des produits destinés à l'industrie. Il cite [illegible] pas invoqué l'autorité de M. Méline, dont la compétence [illegible]. De véritables produits manufacturés, dont l'[illegible] importation [illegible] 400 millions par an, sont rangés parmi les matières pre[illegible]

(2) [illegible], par Jules Domergue, Paris, 1890.

mières ; il y a même plus : certains objets sont portés à l'importation comme matières premières et à l'exportation comme objets fabriqués (1).

Sans donner à la balance du commerce plus d'importance qu'elle n'en mérite, il faut bien reconnaitre qu'il est certain que d'une façon générale elle est favorable lorsque les exportations surpassent les importations et que l'inverse est toujours un signe fâcheux.

M. Émile Bert répond ensuite à M. Fleury en ce qui concerne le développement de la fortune en France depuis 1860. D'après lui ce développement ne provient pas de l'accroissement de notre marché extérieur, mais au contraire de celui de notre marché intérieur, qui absorbe, il ne faut pas l'oublier, les 4/5 de notre production.

Puis il combat l'opinion qui consiste à dire que le résultat du droit de douane est non seulement de frapper le produit étranger à son entrée en France, mais encore d'augmenter le produit français à toute l'importance du droit. — Il soutient que le droit de douane ne fait que surélever dans une certaine mesure le prix du produit français et que souvent même cet effet ne se produit pas du tout. A titre d'exemple, il cite ce qui s'est passé quand, en 1887, on a imposé les blés étrangers d'une taxe de 5 *f*. — Contrairement à ce qu'a dit M. Fleury, ce droit n'a eu aucun effet sur le prix du pain ordinaire, qui était à Paris, d'après le *Bulletin municipal*, de 0,43 *f* en 1882, 1883, 1884, de 0,37 *f* en 1885 et de 0,36 *f* en 1888, 1889 et 1890.

Il parle ensuite des souffrances de l'agriculture et soutient que cette branche de notre activité nationale doit être protégée si l'on ne veut pas voir la crise agricole rejaillir sur l'industrie ; il y a entre ces deux branches de l'activité nationale une solidarité qu'on a trop souvent méconnue.

Puis il arrive à cette partie de l'argumentation de M. Fleury, qui avait soutenu que nous avons une supériorité incontestable en ce qui concerne les produits finis, ceux dont l'exécution exige de l'intelligence et du goût ; qu'il fallait transformer nos industries et que les ouvriers passeraient facilement d'un travail à un autre.

M. Émile Bert rappelle que M. le Président a déjà fait remarquer que c'était une erreur de croire qu'un ouvrier passait facilement d'un mode de travail à un autre. Puis il lit plusieurs passages d'une conférence très instructive, ayant pour titre : *Ni libre-échange, ni protection*, faite le 24 février 1886, à l'École des Hautes Études commerciales, par notre sympathique vice-président, M. Périssé, et au cours de laquelle il a démontré que la France serait amoindrie et abaissée par le libre-échange. « La disparition des grandes industries métallurgiques et mécaniques qu'entraînerait le libre-échange enlèverait à la nation française les moyens de fabriquer elle-même ses armes, ses outils, ses vaisseaux de guerre, ses rails et ses locomotives. Tous ces objets nécessaires à son existence lui seraient fournis par ses voisins, les Anglais, les Allemands ou les Belges, qui pourraient fabriquer le fer et l'acier nécessaires au monde entier pendant plusieurs siècles. Il est vrai que la France fournirait de l'autre côté de la Manche et du Rhin des œuvres d'art, des objets et des produits artistiques, de beaux bijoux, des vins délicats......

(1) Voir les développements et les exemples cités dans le Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de mai 1890

... pourquoi nous ne voulons pas du libre-échange ; nous le repous-... parce que nous voulons que notre patrie française reste grande, forte ...

... montré que le régime adopté en 1881 a été nuisible à notre ... et à notre industrie, M. Émile Bert termine en concluant

... dénoncer les traités de commerce actuels et ne point les ...

... des tarifs suffisants pour permettre à l'agriculture de se ... à l'industrie de soutenir la concurrence étrangère. »

M. le Président constate le très grand intérêt avec lequel la réplique M. Bert a été écoutée et donne la parole à M. Cognet.

M. C... d'intervenir dans cette discussion après MM. Fleury ... pourtant il voudrait présenter quelques observations.

... avec force contre cette idée que la situation économi-... serait compromise. En admettant comme exactes les ... importations et des exportations telles qu'on les montre, s'il ... en 1880, elle est aujourd'hui presque terminée et la ... exportations va bientôt recouper celle des importations. Mais ... inexactes. En dehors des considérations générales que ... dernièrement M. Rouvier à la tribune de la Chambre et ... de l'établissement de ce tableau, en tenant compte ... il ne faut pas oublier ce que M. Cognet appelle ... intérieure. Dans un pays de luxe comme la France où ... des étrangers, ceux-ci consomment sur place et achè-... en quantités énormes, produits qu'ils exportent eux-... de trace de cette exportation, alors que l'importation ..., comme l'or et les pierres précieuses, par exemple, a ... C'est par centaines de millions qu'il faut compter ... intérieures qui ne figurent pas dans les statistiques offi-...

... on a dit que la différence entre les exportations et les ... avait créé une crise ; c'est prendre l'effet pour la cause. ... a déterminé dans l'agriculture une crise terrible ... par une augmentation dans les importations de ... vins espagnols ou italiens.

... pas aux viticulteurs qui pendant un siècle ont profité du ... à pourvoir l'avenir, et n'est-ce pas à eux qu'il ... maintenant de faire les efforts et les dépenses nécessaires pour ... avoir recours aux vins étrangers ? D'ailleurs, la reconstitution ... avance considérablement.

... part, la main-d'œuvre, qui pendant longtemps a été plus chère ... à l'étranger, se relève considérablement dans le reste de ... La situation tend à se niveler. Le charbon est aussi cher en ... en France toutes les actions charbonnières ont baissé cette ... 200 0. La France exporte depuis un an de la houille en Belgique et même en Allemagne.

Il ne faut pas considérer seulement le marché intérieur de la France. Au point de vue industriel, elle a un autre rôle à jouer. Pour modifier en sa faveur la balance des échanges, ce n'est pas en diminuant par des droits d'entrée les importations, c'est-à-dire en diminuant la valeur totale de la balance générale, qu'il faut procéder, mais bien en augmentant les exportations. Pour cela, il faut continuer dans la voie où nous sommes entrés, il faut modifier nos habitudes commerciales et aller chez les autres leur proposer nos produits sans attendre qu'ils viennent nous les demander.

Un exemple est frappant. On a prétendu un moment que les jouets allemands avaient envahi la France. Un syndicat de fabricants de jouets français a obtenu les résultats suivants :

L'exportation de ces produits	étaient :	en 1867 de. . .	6 000 000 f
—	—	en 1878 de. . .	16 000 000 f
—	—	en 1889 de. . .	70 000 000 f

N'est-ce pas un exemple encourageant?

Si on veut protéger l'agriculteur qui prétend faire pousser du blé dans des terres humides où la nature n'est disposée qu'à produire de l'herbe, il faudra aussi protéger l'industriel qui se sera trompé en installant son usine dans de mauvaises conditions économiques de transport ou autres. Est-ce là le rôle de l'État? Son devoir est de ne pas se mêler de ce qui ne le regarde pas.

On a parlé du maïs. C'est un exemple des abus possibles de la protection. La France n'en produit pas (*Si, si*), ou du moins très peu.

M. Ed. Coignet. — Soit : 20 départements sur 86 produisent la moitié de ce que la France consomme de cette matière première. Donc il ne faut pas mettre de droits. Mais, d'ailleurs, est-ce l'agriculture qui les réclame? Non. Ce sont les sucriers et les distillateurs de mélasses de betteraves. Ceux-ci ne sont pas encore satisfaits du cadeau de 80 millions que la loi de 1884 leur a fait. Comme les alcools de maïs les gênent, ils trouvent tout simple, sous couleur de protéger l'agriculture française, de faire mettre un droit sur la matière première nécessaire à leurs concurrents !

Dans la protection, on sait quand on entre, on ne sait pas quand on en sort.

M. Fleury s'est, paraît-il, l'autre jour, trouvé le seul libre-échangiste. Aujourd'hui, ils sont deux, car M. Coignet l'est aussi.

M. Coignet. —L'Ingénieur civil français devrait avoir à cœur de dire à ce point de vue :

Et s'il n'en reste qu'un, je serai celui-là !

Car, qui demande protection fait déclaration de faiblesse et d'impuissance, et ce n'est pas à l'Ingénieur, à celui dont le rôle dans l'industrie est de diminuer de toutes façons le prix de revient des produits manufacturés, à se déclarer incapable de lutter avec les ingénieurs des autres pays et à paraître craindre si fort même pour le marché français.

La protection peut être bonne pour un pays qui n'a pas son industrie

[illegible] qui aurait besoin de faire vivre une industrie touchant à la [illegible] nationale ; ce n'est pas le cas de la France.

[illegible] libre-échange est le régime fécond de la liberté et de l'initiative [illegible], c'est le régime des hommes et des peuples forts et fiers qui [illegible] besoin de personne et qui ne cherchent qu'en eux-mêmes le fonds [illegible] au succès de leurs entreprises.

M. [illegible] reste profondément convaincu qu'on commet une faute [illegible] en se rejetant du côté de la protection et que c'est dans le [illegible] et la mise en pratique des idées libre-échangistes qu'est [illegible] de notre pays.

M. le Président rend hommage au sentiment de très grande conviction [illegible] discours de notre honorable collègue et à l'éloquence avec [illegible] a développé ses arguments en faveur de la liberté commerciale. [illegible] croit devoir rappeler, au point de vue des arguments invoqués, [illegible] industries et grandes administrations payent à leurs ouvriers [illegible] plus élevés qu'à l'étranger et font en leur faveur, sous différentes formes, des sacrifices que leurs concurrents ne s'imposent pas ; [illegible] charges publiques sont plus grandes dans notre pays, et que [illegible] enfin, lui-même, y est bien plus cher que chez nos concurrents.

M. H. Couriot a la parole :

M. H. Couriot dit qu'après l'exposé très complet de la question des traités [illegible] fait par M. Bert, qu'après le chaleureux plaidoyer de M. [illegible] en faveur du libre-échange, l'éloquente réplique de M. Euverte [illegible] observations présentées par un grand nombre de membres de la [illegible] n'a pas grand'chose à ajouter et qu'il n'abusera pas de la [illegible] attention de ses collègues.

[illegible] à laquelle il obéit, en prenant la parole, est celle-ci : les [illegible] de commerce sont-ils l'unique cause de la crise qui sévit sur [illegible] les branches de l'activité industrielle ? Cette crise est-elle due [illegible] aux traités de 1882, consentis sans réciprocité suffisante ? [illegible] pas. Une autre cause, non moins sérieuse, du ralentissement [illegible] affaires, réside dans une diminution des revenus de la France, [illegible] avec une augmentation importante de ses dépenses. Sans [illegible] d'un budget annuel de 3 à 4 milliards dont le total pendant [illegible] années donnerait un chiffre formidable de dépenses, M. Couriot [illegible] les emplois de capitaux, faits sans profit immédiat, et la [illegible] de revenus, subie par la France, dans l'espace des quinze à [illegible] années, correspondent à 16 milliards, dont le poids pèse [illegible].

[illegible] des récoltes de céréales durant cette période de [illegible] a mis la France dans la nécessité d'acheter du froment à [illegible], en vue de subvenir à son alimentation, pour une somme [illegible] milliards 1/2

[illegible] a fait tomber la production vinicole [illegible] France de 55 millions d'hectolitres à 25 mil- [illegible] production des vins s'est relevée à 30 mil

lions d'hectolitres en 1889 ; on peut cependant estimer que la diminution de la récolte de la viticulture correspond à une perte de 25 millions d'hectolitres par an, qui, à 20 francs l'un, constitue une réduction de revenus de 500 millions de francs par an, soit pour quinze années, de . . . . 7 milliards 1/2

Sans critiquer des dépenses qui étaient nécessaires pour assurer l'indépendance de la France dans le concert des nations européennes, l'armement (guerre et marine) nous coûte en moyenne 800 millions de francs par an, ce qui, depuis vingt années, correspond à des sacrifices qui s'élèvent au total à . 16 milliards

Chacun sait, enfin, que les travaux publics (chemins de fer, ports et canaux), ont absorbé des capitaux importants, qui constituent en quelque sorte une avance, faite par la génération actuelle à celles qui la suivront et dont le remboursement sera effectué par ces dernières sur les produits à attendre et à récupérer pendant une longue période d'années à venir.

Il a été dépensé pour ces travaux, dont un grand nombre ne fournissent même aucun revenu immédiat et dont quelques-uns occasionnent, au contraire, un surcroît de dépenses annuelles d'entretien ou d'exploitation, une somme qui, pour vingt ans, peut être évaluée, en chiffres ronds, à . . . . . . 12 milliards

Le total de ces avances et emplois de capitaux, ainsi que des diminutions de revenus que le pays a éprouvées s'élève, par suite, pour quinze à vingt ans, à . . . . 41 milliards

chiffre formidable si on le compare à la rançon de guerre de 5 milliards payée à l'Allemagne, laquelle porte à 46 milliards les charges exceptionnelles du pays dans une période relativement courte ; chiffre écrasant si on le rapproche de l'état que nous apporte, aujourd'hui, notre collègue M. Bert, évaluant à 135 milliards la fortune de la France ; celle-ci, en quinze ou vingt ans, aurait dépensé le tiers de son capital !

Il lui a fallu une richesse, un ressort, une vitalité incroyables pour ne pas succomber sous une charge pareille ; il lui a fallu l'ardeur au travail, l'énergie et l'opiniâtreté qui caractérisent notre race pour n'être pas écrasée sous un tel fardeau et pour avoir donné à l'Europe le spectacle admirable d'une France encore riche et florissante, au moins en apparence, comme nous l'avons fait voir au cours de l'Exposition universelle de 1889.

Ces emplois de capitaux et cette diminution de nos revenus ont eu pour effet de drainer l'épargne qui s'est trouvée insuffisante pour féconder le commerce, l'industrie et l'agriculture, seules véritables sources de toutes richesses, et chacun sait combien l'épargne est nécessaire, soit pour combiner les opérations à long terme, soit pour créer ou perfectionner

[illegible] l'industriel, soit pour amender le sol, soit enfin pour amélio[illegible] méthodes culturales. L'absence de capitaux, pendant toute cette [illegible] a produit la crise industrielle, commerciale et agricole que [illegible] traversons ; et en ce moment, nous voyons l'argent toujours timide, [illegible] pas encore se porter sur ces trois branches principales de l'activité [illegible], mais allant s'employer à la Bourse, où les valeurs de tout repos [illegible] les cours les plus élevés qui n'aient jamais été vus aux épo[illegible] plus grande prospérité.

[illegible] à l'examen des traités de commerce et des tarifs de douane [illegible] être appliqués aux marchandises étrangères à leur en[illegible] France, M. Courot dit que, s'il est partisan de droits compensa[illegible] les produits fabriqués, afin de ne pas désarmer les producteurs [illegible] qui assurent la rémunération du travail national, il pense [illegible] les matières premières nécessaires à l'industrie, les produits [illegible] qui sont, en quelque sorte, la *matière première du travail humain*, la plus importante de toutes, doivent être affranchis de tout [illegible] à la frontière. Cette considération lui fait rejeter le principe de la [illegible] demandée pour l'agriculture. L'alimentation du pays a obligé la France à acheter, en quinze ans, pour 5,518 millions de francs de [illegible], et il ne faut pas perdre de vue que le pays a traversé une série [illegible] mauvaises récoltes, de 1875 à 1883, et que les résultats ont été mé[illegible] en 1886 et 1888, de telle sorte qu'en quinze ans, la culture n'a eu [illegible] bonnes années : 1882, 1884, 1885 et 1887.

[illegible] est la cause des importations de froment étranger ; ces importa[illegible] étaient nécessaires à l'alimentation du pays. Un droit de douane [illegible] céréales eût été sans effet sur l'état des récoltes et sur les condi[illegible] climatériques qui ont fait fléchir celles-ci, mais il eût peut-être ren[illegible] les prix d'achat pour les consommateurs.

[illegible] présence des chiffres apportés par M. Euverte, on peut se deman[illegible] culture tirera un grand bénéfice de la protection qu'elle sol[illegible], notre collègue ne nous a-t-il pas fait remarquer qu'à l'époque où [illegible] céréales n'était que de 0,60 *f*, le produit du quintal [illegible] froment atteignait 31 *f*, tandis qu'aujourd'hui, avec un droit de 5 *f*, [illegible] prix est tombé à 21,50 *f*, cette différence ne montre-t-elle pas que les écarts de prix tiennent surtout à la plus ou moins grande abondance de [illegible] récolte et que les droits de douane ont une bien moins notable in[illegible] sur les prix qu'on ne le suppose en général.

[illegible], au contraire, l'harmonie avec laquelle toutes choses sont [illegible] la nature.

Le phénomène des saisons a pour effet de permettre de récolter le blé en Égypte et dans les Indes, au printemps de la France, en Europe et aux États-Unis en été et en automne, enfin, en Australie et au Cap dans [illegible] mois d'hiver. Grâce au télégraphe il nous est possible de faire face, à tout moment, à l'insuffisance de notre récolte, par un télégramme en[illegible] aux points du globe où la production est la plus abondante et la [illegible] ; des navires de 4000 *tx*, équivalant à la production [illegible] obtient sur 300 *h*, nous apportent ces céréales dans l'espace [illegible] au grand maximum, et l'hectolitre de froment arrive en France [illegible] incroyable, il paie 3 *f* l'hectolitre pour être transporté

de Bombay à Marseille, c'est-à-dire qu'il n'en coûte pas plus pour venir des Indes que pour se rendre de Marseille à Paris.

Ces chiffres ont leur éloquence, ils montrent la révolution admirable opérée par l'industrie moderne, dont les Ingénieurs sont les représentants les plus autorisés, révolution accomplie au profit de l'humanité tout entière, et dont l'industriel doit profiter le premier, en nourrissant ses ouvriers à bon marché, révolution enfin dont l'effet serait détruit par les droits de douane sur les céréales. *(Approbation.)*

A qui pourraient d'ailleurs profiter les droits dont il s'agit? Aux grands propriétaires territoriaux qui, avec le morcellement de la France, sont l'exception; ce sont eux qui bénéficieraient des droits parce qu'ils produisent plus qu'ils ne consomment; mais le petit cultivateur, ***qui vit toute l'année sur son champ, et qui est le grand nombre***, n'en tirera aucun avantage, car il consomme ses produits et il achète quand il y a insuffisance.

Pour bien s'en rendre compte, il faut voir jusqu'à quel point la propriété foncière est divisée en France; le tableau ci-dessous permet de l'apprécier, d'après le dernier recensement.

			Nombre des exploitations		Étendue moyenne — Hectares	Totaux 0/0 en nombre	Totaux 0/0 en étendue
Petite culture	au-dessous de 1 *h*. .	2.167.667	4.033.545	0h,50	1h,79	71,1	13,5
	de 1 à 5 *h*.	1.865.878		3h,00			
	de 5 à 10 *h*		769.152		7,50	13,6	11,6
Totaux et moyennes de la petite culture . . .			4.802.697		2,60	84,7	25,1
Moyenne culture	de 10 à 20 *h*.		431.353		15,00	7,6	13,1
	de 20 à 30 *h*.		198.041		25,00	3,5	9,9
	de 30 à 40 *h*.		97.828		35,00	1,7	6,9
Totaux et moyennes			727.222		20,41	12,8	29,9
Grande culture	au-dessus de 40 *h*		142.088		156,71	2,5	45,0
TOTAUX ET MOYENNE GÉNÉRALE.			5 672.007 (1)		8,75	100,0	100,0

On voit que sur 5 672 007 exploitations, 2 167 667 propriétaires cultivent la surface moyenne, infiniment petite, d'un demi-hectare; près de deux millions d'autres (1 865 878) n'ont que 3 *h*, de telle sorte que ces propriétés réunies (4 033 545), qui représentent près des trois quarts du total, n'ont que 1,79 *h* de superficie moyenne. Ces quatre millions de propriétaires cultivent leurs modestes exploitations avec leur famille, et sur 18 249 209 Français qui vivent de l'agriculture, on peut dire que 12 à 15 millions sont répartis dans ces petites cultures et se nourrissent des produits qu'ils obtiennent. Si la récolte est insuffisante, ils sont obligés d'acheter au dehors ce qui leur est nécessaire, et ils paieront leur nourriture plus cher si des droits frappent les objets d'alimentation. Mais en revanche les droits d'entrée, qui grèveraient 38 millions de Français, profiteront entièrement aux 142 088 grands propriétaires territoriaux, qui récoltent bien au delà de leurs besoins; or il est permis de considérer ces derniers comme les moins intéressants, car ils ont juste-

(1) Superficie cultivée totale = 49 561 861 *h*.

[illegible] capital et l'instruction avec lequel ils peuvent améliorer les mé-[illegible] [illegible] et lutter contre la concurrence étrangère.

[illegible] à tort qu'on réclame des droits de douane sur les céréales [illegible] des *travailleurs agricoles*, il est établi qu'ils n'en bénéficieront [illegible]

[illegible] porte, comme le faisait très justement observer M. Euverte, de [illegible] l'enseignement professionnel agricole, et cela surtout parmi [illegible] cultivateurs qui sont en France le grand nombre ; comme il [illegible] dit, 850 0 0 des agriculteurs ne possèdent en moyenne que [illegible]. Cet enseignement aura pour effet de propager les méthodes ration-[illegible] [illegible], par suite, le rendement du blé à l'hectare, de 15,7 *hl* [illegible] à cette augmentation bien minime du rendement, la [illegible] totale de la surface emblavée passera de 110 millions d'hec-[illegible] à 120 millions, et la France ne sera plus tributaire de l'étranger [illegible] [illegible]entation. Cet effort, cet accroissement de 10 0 0 dans le [illegible] à l'hectare sont peu de chose à obtenir, si on songe qu'au lieu [illegible] 15,7 *hl* à l'hectare, l'Angleterre produit 26 *hl*, la Belgique 24, [illegible] le nord de la France, on obtient couramment de 20 à 24 *hl*. [illegible] difficile d'admettre que le beau ciel de France ne soit pas au [illegible] favorable à la culture que le climat brumeux, froid et nébu-[illegible] la Grande-Bretagne.

[illegible] examine la situation de la viticulture, on est très frappé de voir [illegible] la diminution de récolte produite par l'invasion du phyl-[illegible] [illegible] qui correspond à 500 millions de francs de recettes en [illegible] par an, les exportations de vins de la France se sont maintenues, [illegible] continuons à vendre, chaque année, pour 250 millions de [illegible] vins à l'étranger. Le maintien de nos ventes au dehors s'ex-[illegible], si on se rend compte de ce fait que nos grands vins seuls s'ex-[illegible]

[illegible] ne rencontrent aucune concurrence sur les marchés européens ; [illegible] pu, vu leur prix élevé, faire les frais nécessaires pour lutter vic-[illegible]ment contre le fléau dévastateur et continuent à se vendre au [illegible] la France, comme par le passé et pour le même chiffre. En [illegible] la réduction de la production a contraint le pays à faire entrer, [illegible] plusieurs années, pour 3 0 à 400 millions de francs de vins ordi-[illegible], importations qui ont comblé l'insuffisance de la récolte. C'est [illegible] France n'est pas seulement un des plus forts producteurs, elle est [illegible] même temps le plus grand consommateur de vins du monde entier. [illegible] chercher au dehors ce que sa viticulture ne lui donnait [illegible] importations, qui iront en décroissant, par suite de la reconsti-[illegible] qui se fait peu à peu du vignoble français au moyen des cépages [illegible], étaient absolument nécessaires au pays, aussi les droits sur [illegible] ne peuvent qu'en renchérir le prix et, en même temps, nous [illegible] fermer les marchés étrangers, sur lesquels s'exportent les produits [illegible] grands crus français.

[illegible], M. Cournot pense que, dans les nouveaux tarifs de douane, [illegible] que les *matières premières* nécessaires à l'industrie entrent en [illegible] ne soient soumises qu'à des droits très faibles, tels que les [illegible] statistique.

Que les *matières alimentaires* et, par cette expression, il entend la presque généralité des produits agricoles, qui, comme substances nutritives, sont la *matière première du travail humain*, soient exemptés au même titre.

Que les *produits fabriqués*, enfin, soient protégés par des droits compensateurs tenant compte, notamment, des écarts qui se produisent d'un pays à l'autre sur le prix de la main-d'œuvre ; mais il croit que les produits manufacturés ont seuls droit à cette protection.

Faut-il dénoncer les traités actuels et leur substituer deux tarifs, l'un maximum et l'autre minimum? M. Couriot pense qu'il faut dénoncer les traités de 1882, pour arriver à une tarification tenant mieux compte des situations et assurant le bénéfice d'avantages équivalents à ceux qui pourront être accordés aux pays étrangers; mais il dit qu'il importe de donner à ces tarifs la fixité, si nécessaire aux opérations à long terme et sans laquelle il n'y a pas de lendemain pour l'industrie; il conviendrait donc de négocier des traités avec les puissances étrangères pour cinq, huit ou dix ans, sur la base du tarif minimum.

M. Couriot croit que cette faculté, si vantée et demandée par M. Bert, de pouvoir modifier les tarifs à tout moment, constituerait un véritable danger, car elle engendrerait l'instabilité, alors que les affaires, les opérations à longue échéance, l'amortissement du matériel exigent que le commerçant et l'industriel soient garantis par des traités contre de brusques variations de tarifs.

En terminant, M. Couriot dit qu'il faut, avant tout, assurer la loyauté des transactions commerciales par des dispositions législatives permettant de confisquer à la frontière les produits étrangers entrant en France ou transitant, porteurs d'inscriptions françaises, comme celles qui y figurent souvent de l'autre côté du Rhin ; ces désignations mensongères et trompeuses, telles que le sont les expressions : *Articles de Paris*, *Nouveautés de Paris*, *Modes de Paris*, etc., inscrites sur des marchandises d'origine étrangère, nuisent à la fois à notre commerce et à la bonne réputation de notre fabrication; enfin, elles ont pour but de substituer à nos productions, soit sur le marché français, soit à l'étranger, des contrefaçons grossières et sans goût, au détriment du travail national! S'il est donc une protection qu'il soit permis de réclamer avec énergie et instance, c'est celle qui aura pour résultat de débarrasser la France d'une concurrence déloyale qui s'exerce contre elle, en prenant pour base le bon renom dont jouissent ses produits et la confiance que sa probité commerciale inspire.

M. Couriot ne doute pas que, sur ce point, chacun ne soit unanime à demander une protection efficace, et il aura eu ainsi la bonne fortune de mettre une fois d'accord ensemble les partisans du libre-échange et ceux de la protection. *(Applaudissements.)*

M. le Président félicite M. Couriot de l'attrait qu'il a su donner aux arguments qu'il vient de développer et qui ont été écoutés avec le plus vif intérêt par la Société ; il l'en remercie au nom de tous ses collègues. Il croit cependant devoir présenter une observation contre les arguments invoqués, c'est que les 4 millions de propriétaires ne possédant [illegible]

[illegible] qu'un hectare ne peuvent pas vivre avec leur famille du produit de leur terre et sont obligés de travailler une partie de leur [illegible] ouvriers chez ceux qui sont plus favorisés ; or, il est très [illegible] ceux-ci puissent leur donner le salaire nécessaire pour les [illegible] et leur permettre d'amasser le petit pécule avec lequel ils [illegible] et améliorent leur propriété.

[illegible] que les cultivateurs sont bien à la fois propriétaires et [illegible] considère comme on voudra, cela n'infirme en rien [illegible] dont il résulte que ces petits cultivateurs consomment [illegible] récolte et vivent avec leur famille du produit de leurs [illegible] d'acheter au dehors, si la récolte est insuffisante, [illegible] nullement les droits de douane sur les céréales et sur [illegible]

[illegible] fait observer qu'il n'est peut-être pas exact de dire qu'il [illegible] de petits cultivateurs ayant en moyenne 1,1/2 *ha*. [illegible] grande quantité d'entre eux ont 3 *ha* au moins et, par [illegible] vendre du blé. Dans le calcul précédent, on ne tient [illegible] de ceux-là et il n'est question que des 142 000 gros pro[illegible]

[illegible] répond qu'en France, la surface cultivée est de 49 mil[illegible] et la population de 38 218 903 habitants. Bien que [illegible] sont, comme production agricole, un peu au-dessous des [illegible] sa consommation, on peut admettre d'après ces chiffres qu'il [illegible] pour nourrir chaque habitant.

[illegible] que la famille d'un cultivateur se compose de quatre [illegible] compris, sa nourriture exige une surface de 5,2 *ha* et [illegible] chiffre, la récolte ne correspond qu'à ce qui est nécessaire [illegible] alimentation de cette famille, et il ne reste même rien [illegible] superflu.

[illegible] ne rentrera pas dans la discussion, qu'il convient de ne [illegible] aussi bien, n'est-ce pas nécessaire. Il a eu [illegible] qui l'ont traité avec une bienveillance excessive ; mais [illegible] constaté qu'il soutenait la thèse du libre-échange, effrayés [illegible] cette étiquette, n'ont pas vérifié le fond et ont laissé les [illegible] M. Fourry en dehors de leur examen. Il a été cependant [illegible] les entendre dire que le libre-échange était la théorie [illegible] celle de l'avenir peut-être. Il ne diffère donc d'avec [illegible] à la date de l'avènement. Quant à lui, il le croit possible [illegible] et il en a donné des raisons auxquelles il n'a rien à [illegible] MM. Cournot et Courcelle-Seneuil [illegible] des [illegible] et saisissants. On les retrouvera dans le *Bul-*[illegible] bien lui faire l'honneur de le lire encore [illegible] C'est aussi à ses précédentes observations qu'il [illegible] réponse à faire à M. Bert, le seul qui ait serré la discus[illegible]

[illegible] que les idées ne se forment et ne se modifient [illegible] Il comprend parfaitement que ses collègues veuillent [illegible] le temps de la réflexion. Il les prie seulement d'avoir pré-

sents à l'esprit la nature et le sens de notre commerce extérieur: de constater que presque toutes nos industries définitives, celles qui occupent le plus grand nombre de bras et d'intelligences, sont exportatrices: c'est-à-dire qu'elles affrontent avec succès, dans les conditions actuelles, la concurrence étrangère. Qu'on se demande alors à quelle extension, à quel développement elles n'atteindraient pas si leurs matières premières, leur outillage, les vivres de leurs ouvriers, n'étaient pas surtaxés? Et comme ces surtaxes, ces surélévations de prix sont la conséquence nécessaire des droits de douane, n'arrivera-t-on pas à cette conclusion que le développement de nos industries, l'accroissement de productivité de notre travail, et par suite le bien-être général exigent l'abolition des droits de douane? On a cité l'Angleterre, en disant qu'elle avait adopté le libre-échange dans son intérêt exclusif; mais elle ne l'a imposé à aucune autre des nations avec lesquelles elle trafiquait. Il n'y a eu là de sa part ni manœuvre, ni duperie, comme on l'a dit. En abolissant le tarif des douanes, l'Angleterre a assuré le développement de son industrie et la prospérité de son commerce. Elle a assuré la vie à bon marché et facilite, de la façon la plus rationnelle et la plus libérale, la solution des problèmes sociaux les plus inquiétants. Elle a pu, notamment, sans intervention législative, arriver à la diminution des heures de travail, sans diminuer le salaire. C'est un grand résultat. Nous pouvons faire de même; les résultats ne seront ni moins sûrs ni moins avantageux pour notre pays, dont l'intérêt et la grandeur doivent exclusivement nous préoccuper.

M. Euverte n'a qu'un mot à dire au sujet des observations que vient de présenter M. Couriot de la manière la plus intelligente et avec un entrain communicatif.

Parlant de la production agricole, M. Couriot a fait remarquer que si l'agriculture arrivait seulement à la production moyenne de 17 *hl* par hectare, au lieu de 15 qu'elle produit aujourd'hui, la France aurait assez de blé pour sa nourriture, et nous n'aurions plus besoin de faire appel aux blés étrangers.

M. Euverte pense qu'il y a, dans cette appréciation, une erreur qu'il ne faut pas laisser s'accréditer; si le droit de 5 *f* n'existait pas, et si l'agriculture augmentait sa production, le résultat serait une baisse considérable du prix du blé, qui serait surabondant sur le marché, parce que les importations étrangères augmenteraient.

M. Euverte rappelle, à cet égard, ce qu'il a dit à la dernière séance:

En 1879, le droit d'entrée était à 0,60 *c* par 100 *kg* :

Importation	859 000 000 *kg*
Exportation.	44 000 000 *kg*
Prix par 100 *kg*.	31 000 000 *f*

En 1889, le droit est de 5 *f* par 100 *kg* :

Importation	373 000 000 *kg*
Exportation.	95 000 000 *kg*
Prix par 100 *kg*.	24 500 000 *f*

Il est bien certain que, si le droit de 5 *f* n'avait pas existé, l'importa-

[illegible] aurait été augmentée dans une proportion considérable, le prix [illegible] baissé, et l'agriculture aurait énormément souffert.

[illegible] n serait de même si l'agriculture augmentait sa production sans [illegible] momentanément, couverte par un droit protecteur.

[illegible] faut que, pendant un certain temps, l'agriculture soit soumise au [illegible] protecteur, pour grandir et se fortifier ; il faut qu'elle puisse [illegible] assez pour augmenter son capital ; si l'on veut améliorer la situa[illegible] avoir plus d'engrais, il faut avoir une plus grande quantité de [illegible], de vaches, de moutons ; et pour arriver à ce résultat sur toute la [illegible] du pays il faut un grand nombre de millions.

M. [illegible] répète que certaines industries ont grandi parce qu'elles [illegible] convenablement protégées ; elles ont trouvé le capital qui leur [illegible]saire, et le développement s'est produit.

M. Cournot dit : « Protégeons l'industrie, mais ne protégeons pas l'a[illegible]ulture ; il faut dégrever la nourriture qui est l'élément primordial [illegible] travail. » Mais il faut bien remarquer que le droit protecteur n'est [illegible] une cause d'augmentation du prix de consommation, ainsi [illegible] vient d'être établi par un exemple positif et très remarquable. [illegible] ajouter que le développement du travail national est bien autre[illegible] important que l'abaissement du prix de consommation.

[illegible], pourquoi protéger plutôt l'industrie que l'agriculture ? [illegible] sont les plus nombreux, ils tiennent une large place [illegible] délibérants, pourquoi sacrifieraient-ils l'industrie agricole [illegible] manufacturière ?

M. [illegible] conclut en répétant ce qu'il a dit à la dernière séance ; il [illegible] toutes les situations, apprécier si, oui ou non, il y a néces[illegible] protéger ; il faut mettre, en un mot, la science et l'étude à la [illegible] des systèmes absolus.

[illegible] d'ailleurs, rester autant que possible dans la modération, et [illegible] par tous les moyens aux nations étrangères que nous ne [illegible] pas réfractaires à l'échange. Notre exportation a une grande [illegible], il faut la ménager.

M. [illegible] partage l'opinion de M. Euverte. Il croit qu'il faudrait [illegible] les droits sur les blés ; pour que l'agriculture s'améliore et [illegible] aux procédés de culture perfectionnés, il faut qu'elle gagne [illegible] pour acheter des instruments et des engrais qui coûtent cher. [illegible] à la production du blé en Angleterre dont a parlé M. Cournot, [illegible] remarquer que dans ce pays on ne cultive que les terres qui rap[illegible] beaucoup, tandis qu'en France on cultive partout. L'agriculture [illegible] a besoin de protection.

M. [illegible] demande à dire un mot au sujet de la métallurgie. Avant [illegible] des minerais phosphoreux, le bassin de la Loire était pros[illegible], la métallurgie a pris du développement dans Meurthe-[illegible], Nord, Basses-Pyrénées ; les usines de la Loire, Terrenoire, [illegible] n'ont pu résister à la concurrence intérieure ; la protection n'a [illegible] déplacer les centres industriels ; mais, si la liberté absolue a [illegible] non seulement les anciens centres ont disparu, mais les nou[illegible] qui sont aujourd'hui prospères étant bien placés, n'ont pu [illegible]

Au sujet des produits finis, il dit qu'avant 1882, c'est-à-dire entre 1860 et 1882. les détails des traités de commerce avaient été si mal étudiés, que si la matière brute était prohibée par les droits exorbitants. aux 100 *kg* dont elle était frappée, l'introduction des produits fabriqués était favorisée par les droits *ad valorem* beaucoup inférieurs aux droits qui frappaient la matière première. Il dit qu'un tarif de douane sur les objets fabriqués devait comprendre d'abord les droits sur la matière première nécessaire à la fabrication. et ensuite des droits sur la main-d'œuvre.

M. Couriot, répondant à M. Euverte, indique que les exportations de céréales ont été souvent supérieures dans le passé au chiffre des importations et qu'il croit que le jour où la production française suffira aux besoins du pays, le blé étranger ne passera plus nos frontières, ce qui assurera des prix suffisamment rémunérateurs. Il croit que la protection de l'agriculture engendrerait l'immobilité et serait contraire aux intérêts du grand nombre.

M. Euverte signale qu'en 1879 et 1880, les importations de blé étaient de 857 millions, alors que le droit n'était que de 0,60 *f* et que le blé se vendait 31 *f* l'hectolitre ; c'est parce que nos récoltes étaient mauvaises et qu'il était indispensable d'avoir recours à l'étranger. Aujourd'hui avec le prix d'entrée de 5 *f* l'importation s'est abaissée à 372 millions. Voilà des faits incontestables.

M. Gassaud dit qu'avec le développement des chemins de fer, il y a aujourd'hui des facilités de transport qui n'existaient pas autrefois.

M. Polonceau dit qu'en 1884 une commission, nommée par le ministre du commerce, est allée étudier en Autriche la question sucrière. Elle a constaté qu'il y avait là des terrains excellents et que la main-d'œuvre n'était que de 1,50 *f* à 2,25 *f* par journée. Le combustible est à des prix très bas, les débris de lignite coûtant 2,50 *f* à 3 *f* la tonne. Il était évident dans ces conditions que l'industrie du sucre disparaîtrait en France si l'on ne frappait pas les sucres étrangers de droits assez élevés.

M. le Président donne la parole à M. Fleury.

M. J. Fleury saisit cette occasion de rappeler qu'à l'époque dont vient de parler M. Polonceau, s'agitait la question d'une nouvelle législation fiscale des sucres. On voulait arriver au prélèvement de l'impôt sur la betterave, en attribuant à celle-ci un rendement déterminé. au delà duquel les excédents devaient être indemnes. Dans l'enquête préparatoire qui avait spécialement pour but de permettre de fixer le rendement sur lequel serait basée la perception, on vit non seulement des particuliers. mais des corps organisés, chambres consultatives, comices, syndicats. des journaux spéciaux, affirmer avec la plus grande énergie que la betterave en France ne pouvait pas donner plus de 5 à 6 0/0 de sucre. Ceux qui ont cru pouvoir ainsi affirmer la stérilité du sol qu'ils cultivaient ont eu gain de cause. Le rendement qu'ils indiquaient a été adopté par la loi. Et tout aussitôt, on a vu le rendement s'élever, progresser, arriver à 10 et 11 0/0, ce qui assure de beaux bénéfices facilement acquis. Il est utile d'avoir ce souvenir présent à l'esprit, quand on en-

jamais on n'obtiendra pour le blé des rendements compa- ... l'agriculture belge ou anglaise.

... répond qu'au début de la culture la betterave donne de ... au bout d'un certain temps, si on la cultive toujours ... terrain, le rendement s'abaisse à 5 ou 6 0/0.

M. P... est utile d'appeler l'attention sur un danger de la ... c'est de créer un *monopole, de faciliter les accaparements;* ... ingénieurs civils, nous sommes et serons toujours contre ... et les accaparements, parce qu'ils sont la négation du ... est la vie des nations, qui élève le niveau intellectuel et ... successivement l'amélioration du sort du travailleur.

... si on n'y prend garde, c'est le *statu quo.* — Nous l'avons ... 1860, et c'est très certainement à l'influence des traités de 1860 ... essor de la métallurgie, les développements, les progrès ... nous pouvons le dire, par les travaux des Ingé- ...

... à dire qu'il faille adopter le libre-échange : ce serait ... la ruine de certaines industries et spécialement de l'agri- ...

... *c'est examiner chaque cas particulier, ne céder aux autres ... échange de conditions favorables pour nous et enfin, ne pas ... qu'avant tout, outre l'agriculture et ses produits, il y ... qu'il faut à tout prix sauvegarder au point de vue de ... ce que certaines personnes oublient trop facilement.*

... juste balance entre la protection et le libre-échange de ... les monopoles et les accaparements au détriment des con- ... progrès et de la défense nationale, c'est par notre esprit ... choses nouvelles, par nos progrès incessants que nous ... développer notre exportation et à agrandir l'action de ...

M. le Président remercie M. Polonceau d'avoir si bien résumé la ... que la Société discute depuis trois séances et ... justice au sentiment de profond patriotisme qui a ... dans le développement des arguments invoqués. ... avis, que nos statuts ne nous permettent pas d'émettre ... M. le président croit cependant pouvoir dire qu'il ... de ces discussions qu'il y aurait lieu de ... et tout en ... droits, ... qui ... notre production nationale, ... afin de ne pas s'exposer à entraver le commerce ... C'est, comme l'a fort bien dit M. Polonceau, une ... à traiter pour chaque industrie particulière.

M. le Président croit devoir clore la discussion en remerciant aux ... la Société qui ont défendu leurs opinions ... le grand intérêt qu'ils ont su donner à leurs arguments ... considérable de renseignements ... à cette occasion, nos publications vont se trouver ...

La séance est levée à onze heures et demie.

LES CHAUDIÈRES A VAPEUR

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

I

DESCRIPTION ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX

PAR

M. S. PÉRISSÉ

Un groupe de membres de notre Société a visité et a étudié les chaudières à vapeur de l'Exposition de 1889. Trois d'entre eux vont successivement vous faire part du résultat de leurs études.

Je me suis chargé de vous présenter la description de ces chaudières avec l'indication de leurs caractères généraux, laissant à nos collègues, MM. Ch. Compère et Paul Régnard, le soin de les comparer et de les apprécier, au point de vue de la sécurité et au point de vue des foyers et de l'utilisation du combustible.

Nous ne nous sommes pas occupés des chaudières de locomotives et de locomobiles, mais seulement des chaudières fixes.

Les générateurs de vapeur appartenaient à la classe 52, mécanique générale. Le plus grand nombre, étant en feu pour la fourniture de la force motrice, ne figuraient pas dans la galerie des machines; mais disséminées un peu partout, nous avons visité ces chaudières au Champ de Mars, dans la grande cour du côté de l'École militaire, dans la cour intérieure de l'Électricité, dans une annexe le long de l'avenue La Bourdonnais, au sous-sol de la pile sud de la Tour Eiffel et sur la berge de la Seine. Quelques chaudières étaient en feu à l'esplanade des Invalides.

On peut classer en cinq catégories les chaudières de 1889 :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires.

2° Chaudières à foyer intérieur ;

3° Chaudières tubulaires proprement dites;

4° Chaudières à gros bouilleurs.

5° Chaudières diverses.

ces appareils appartiennent à deux des catégories.
. . . ces dernières n'étaient représentées chacune que par deux
types et, quant à la première, elle comprenait à elle seule
. . . de chaudières, c'est-à-dire un bien plus grand
. . . les autres réunies.

. . . *chaudières multitubulaires*, formant la première catégorie,
. . . se ressembler toutes, et on pourrait les diviser à leur
. . . eurs groupes, si on les comparait, par exemple, au
. . . de la marche et de la circulation du liquide et de la
. . . intérieur des tubes.
. . . en trouverais dans lesquelles le liquide se meut en
. . . dans la Belleville; dans d'autres, les veines liquides
. . . gazeuses font retour sur elles-mêmes concentri-
. . . comme dans les Collet, et, dans un grand nombre, la
. . . générale suit un chemin trapézoïdal. Je veux parler
. . . res, genre Babcock et Wilcox, composées essentielle-
. . . faisceau tubulaire intérieur très incliné, d'un corps
. . . supérieur horizontal, réunis à l'avant et à l'arrière par
. . . parallèles. La forme générale extérieure rappelle
trapèze. Enfin, un certain nombre ont une circulation
. . . propre, telles que les chaudières Oriolle et Trépar-

. . . chaudières multitubulaires se prêtent facilement à un sec-
. . . des parties essentielles qui les composent. Il est facile
. . . r en une série d'éléments juxtaposés, plus ou moins
. . . tants les uns des autres, et c'est encore là une cause
. . . de danger en cas d'accident, puisque la matière
. . . qui est l'eau à haute température sous pression, se
. . . mais, sans entrer dans la question de sécurité et
. . . qui doit être traitée par notre collègue, M. Compère,
. . . pendant qu'il est impropre d'appeler inexplosibles les
. . . multitubulaires, ce qui tend à faire supposer qu'elles
. . . pas faire explosion.
. . . donne souvent ce nom d'*inexplosibles*, sans doute parce
. . . explosions pour cause d'excès de pression sont moins fré-
. . . en raison de la plus grande résistance des petits corps
. . . et aussi parce que les explosions auxquelles elles don-
. . . ont des conséquences moins graves, pour cette raison
. . . explosive qu'elles contiennent est en moins grande

Mais, par contre, ces chaudières ayant un volant de chaleur moins grand, exigent plus de soins pour être maintenues en marche régulière. Aussi, pour augmenter le réservoir d'énergie, plusieurs constructeurs ont été amenés à augmenter la tension de la vapeur, condition facile à réaliser, puisque les tubes bouilleurs de petit diamètre sont capables de résister à de hautes pressions, tout en présentant de minces épaisseurs de métal.

La haute pression favorise parfois le dépôt des matières étrangères en dissolution dans l'eau et, en ce qui concerne ces matières ainsi que les boues en suspension, les inventeurs et les constructeurs se sont attachés à recueillir ces dépôts, calcaires ou autres, dans la partie basse de la chaudière, d'où on peut les extraire assez facilement.

Les chaudières à petits tubes bouilleurs sont employées depuis plus de cent ans, principalement aux États-Unis ; ceci dit, sans vouloir diminuer le mérite des hommes courageux et persévérants, tels que les Belleville, Babcock et Wilcox, et de Naeyer, qui ont indiqué les dispositions pratiques et les perfectionnements qui en ont assuré le succès.

Je vais maintenant décrire successivement les différentes chaudières exposées, et principalement les chaudières en feu, en suivant l'ordre des catégories plus haut indiquées.

1° Chaudières a petits tubes bouilleurs dites multitubulaires

Un grand nombre de *générateurs Belleville* sont en marche sur plusieurs points de l'Exposition. Ils constituent un modèle qui représente quarante années de travaux, car c'est en **1849** que M. Belleville a commencé ses recherches pour obtenir une chaudière puissante sous un petit volume, et ne présentant pas les dangers d'explosion auxquels sont exposées les chaudières à grand volume d'eau et à grand corps cylindrique. Le grand et légitime succès, obtenu surtout depuis une dizaine d'années, a récompensé l'inventeur de ses persévérantes recherches.

Un générateur Belleville se compose de plusieurs éléments juxtaposés, indépendants les uns des autres. Chacun affecte la forme d'un chemin en zig-zag, à dilatation libre, composé de tubes de 8 à 10 *cm* de diamètre et de 2 *m* de longueur, inclinés de quelques centimètres par mètre et formant un canal unique et continu de la base au sommet. Les tubes sont assujettis entre eux par des manchons et contre-bagues avec joints à vis, de sorte que l'en-

[illegible] des parties qui constituent un élément, forme, pour ainsi [illegible] seule pièce de section constante. Toutes les pièces sont [illegible] en acier.

[illegible] parties et surfaces de chauffe sont facilement accessibles, de [illegible] qu'on peut opérer le nettoyage indispensable, tant à l'inté[illegible] qu'à l'extérieur, et ces nettoyages sont facilités par la faible [illegible] des tubes.

Au-dessus des éléments tubulaires est un réservoir collecteur [illegible] chauffé, placé transversalement, et réunissant le mélange [illegible] de vapeur qui en provient, et recevant en même temps [illegible] alimentation.

[illegible] descend par des tuyaux externes au bas desquels est in[illegible] récipient déjecteur des dépôts calcaires dont les bons [illegible] sont aujourd'hui sanctionnés par une longue pratique.

[illegible] cette disposition d'ensemble, il résulte qu'il y a une circu[illegible] active produite par une grande différence de densité entre [illegible] fait retour de haut en bas et le mélange d'eau et de va[illegible] s'élève.

[illegible] partie supérieure, il y a essorage par action centrifuge de [illegible] entraînée; d'ailleurs, le séchage de la vapeur est assuré par [illegible] passage dans des tubes que les gaz viennent chauffer dans [illegible] parcours.

[illegible] est presque aussi longue que le faisceau tubulaire, et [illegible] largeur. Les flammes s'élèvent en s'infléchissant un [illegible] l'avant, en raison d'une cloison posée sur les tubes du [illegible] et elles se rendent dans la cheminée, vers l'arrière; il en [illegible] que le parcours des flammes est peu considérable et qu'une [illegible] puissante n'est pas nécessaire.

[illegible] éléments composant un générateur sont logés dans une en[illegible] formée de tôles, cornières et briques, à parois rectan[illegible] Celle de la façade est munie de portes pour la boîte à [illegible], pour le foyer et pour le cendrier.

[illegible] assurer les dépôts calcaires et sulfates, et aussi pour aug[illegible] le volant de chaleur, les chaudières de l'Exposition mar[illegible] à 13 ou 14 *kg* de pression, avec détendeur de vapeur, rame[illegible] à 7 *kg* la pression de la conduite allant aux machines [illegible]

[illegible] chaudières *de Naeyer*, qui ont rendu depuis plusieurs années [illegible] grands services en Belgique et en France, sont représentées [illegible] l'Exposition par deux installations, dont l'une est très impor-

tante, puisqu'elle comprend six générateurs ayant ensemble plus de 1 600 m^2 de chauffe.

Les tubes du faisceau tubulaire incliné à environ 15 *cm* par mètre sont accouplés deux par deux au moyen de boites en fonte malléable ou en acier fondu. La superposition d'un certain nombre de ces éléments forme une série, et une chaudière est d'autant plus puissante que les séries sont plus hautes et plus nombreuses.

Les éléments sont reliés entre eux, à l'avant comme à l'arrière, au moyen de boites de communication et de bagues en fer à joint biconique. Ce joint métallique, fixé par un simple boulon, est étanche, sans interposition d'aucune matière. Les communications sont obliques parce que les tubes sont disposés en quinconce, et leur nettoyage s'opère en démontant les communications, de sorte que l'intérieur des tubes est accessible aux deux bouts.

L'eau d'alimentation est introduite dans le réservoir supérieur de vapeur pour faciliter la précipitation des sels à l'état pulvérulent, en élevant brusquement la température de l'eau qui descend ensuite au collecteur inférieur d'alimentation par un tuyau placé à l'autre extrémité du réservoir.

L'eau s'élève ensuite en parcourant tous les tubes étagés de la série jusqu'à un collecteur supérieur de vapeur communiquant lui-même avec le grand réservoir d'eau et de vapeur. Ce grand réservoir placé au-dessus du faisceau tubulaire n'est pas chauffé directement, et il contient peu d'eau. La vapeur produite effectue un long parcours en changeant plusieurs fois de direction, et ainsi, elle arrive suffisamment sèche au dôme.

Le chauffage se fait par une grille occupant toute la largeur, et ayant pour longueur la moitié ou le tiers de celle du faisceau tubulaire, qui se trouve ainsi chauffé par une double ou une triple circulation verticale de gaz brûlés séparés en couches minces par la disposition en quinconce des tubes.

Le nettoyage extérieur des tubes est pratiqué par les regards latéraux dans lesquels on introduit entre les tuyaux une lance à vapeur.

Deux des générateurs de la cour de la force motrice ont une disposition spéciale. Entre la chaudière et la cheminée existe un second faisceau de tubes quinconcés, mais horizontaux, dans lesquels l'eau d'alimentation circule en serpentant de bas en haut, c'est-à-dire, en sens inverse de la marche des gaz chauds. Ceux-ci sont ainsi plus refroidis et l'eau prend dans ce réchauffeur une

…rature élevée avant d'entrer dans le générateur proprement

… chaudière *Babcock et Wilcox*, dont l'usage aux États-Unis est … depuis déjà longtemps, est représentée à l'Exposi… installations : l'une dans la cour de la force motrice, … sur la berge pour les machines élévatoires.

… type de cette chaudière remonte à 1867, et déjà on … un faisceau tubulaire inférieur très incliné relié à un … tubulaire horizontal supérieur par deux communications … On avait ainsi obtenu une chaudière à circulation rapide … inclinées au coup de feu ; mais les tubes étaient en … ne purent résister. Depuis lors, des modifications d'en… et de détail ont été apportées, et aujourd'hui, la chaudière … Wilcox présente les dispositions suivantes :

… faisceau incliné à raison de 0,20 *m* à 0,25 *m* par mètre de … 102 *mm*, qui communiquent par des conduits per… à l'avant et à l'arrière avec un corps cylindrique … occupant toute la longueur du fourneau. Au point le … à l'arrière, un cylindre collecteur des dépôts.

… verticale ou élément se compose de tubes super… deux alternativement, et emmanchés à leurs … extrémités dans des boîtes de communication en fonte, dont … permet la jonction d'une même ligne verticale … En réunissant un certain nombre d'éléments, on obtient … ensemble de tubes en quinconce.

… ménagés dans les boîtes pour recevoir les tubes sont … rement coniques, de sorte que ceux-ci y sont mandrinés. … permettre leur nettoyage, il est ménagé devant chacun … une ouverture fermée par deux disques en fer ; l'un à l'in… forme joint autoclave, pour le cas où le bouchon extérieur … à manquer, par suite de la rupture du boulon qui relie … disques.

… occupe une profondeur comprise entre le tiers et la … de la longueur du faisceau, et sur celle-ci nous trouvons … cloisons formées de petites pièces réfractaires interposées … les tubes. Cette disposition force les gaz brûlés à effectuer … cours verticaux à travers le faisceau divisé ainsi en trois … de largeurs décroissantes, afin de présenter aux gaz des … décroissantes au fur et à mesure que leur volume diminue … refroidissant.

Dans la cour de la force motrice, il y a deux paires de générateurs entre lesquelles est placé un faisceau tubulaire incliné, sans foyer ni réservoir, servant de réchauffeur d'eau, dit *économiser*.

La chaudière anglaise du système *Root*, exposée par MM. Knap et C°, se compose d'une série de tubes-bouilleurs inclinés, de 120 *mm* de diamètre et de 3 *m* de long, avec des collecteurs et un réservoir supérieur placé transversalement. On retrouve toujours la même disposition d'ensemble. Ce qui caractérise le système Root, c'est l'emploi pour les joints de bagues biconiques, portant en leur milieu un renflement qui se prête mieux aux mouvements de dilatation (1). Les tubes sont placés en quinconce et sont terminés par un raccord à deux tubulures, de telle sorte que l'une des tubulures communique avec la rangée inférieure de tubes par l'intermédiaire d'une boite maintenue par des boulons, et l'autre tubulure, avec la rangée supérieure, par le même moyen.

Quatre *générateurs système Collet* fournissent la vapeur aux machines qui élèvent l'eau aux deuxième et troisième étages de la Tour Eiffel pour le service des ascenseurs ; d'autres générateurs de ce système sont installés sur d'autres points.

Ce système de générateur se compose d'un faisceau tubulaire incliné au dixième environ, d'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, et de tubes sécheurs de vapeur. Le système est caractérisé par une disposition spéciale des tubes vaporisateurs à dilatation libre. Chaque tube se compose d'un tube extérieur de 100 *mm* et d'environ 2,30 *m* de longueur, fixé à l'avant à un collecteur de vapeur, et portant à l'arrière un bouchon, et d'un tube interne concentrique, appelé tube directeur. Ce dernier tube fait saillie à l'avant, de telle sorte qu'il traverse le collecteur de vapeur et vient déboucher dans une seconde partie de collecteur remplie d'eau sans vapeur. A l'arrière, le tube central est moins long que le tube vaporisateur ; il en résulte que l'eau entrant par l'avant dans ce tube fait retour à l'arrière par la section annulaire, et se vaporise en remontant dans l'espace compris entre les deux tubes. Des bouchons existent à l'avant et à l'arrière, et sont maintenus par un boulon tirant de 20 *mm* qui traverse le tout pour faire joint, en appliquant par son serrage les surfaces les unes contre les autres. Le remplacement d'un tube est assez facile, puisqu'il suffit de desserrer l'écrou pour tout démonter.

(1) Les joints biconiques ont été employés par Perkins, il y a plus de cinquante ans, pour raccorder ses tuyaux de chauffage à haute pression. (Voir l'ouvrage publié par Ch.-J. Richardson, architecte. — Londres, 1837.)

L'eau d'alimentation est introduite dans le réservoir supérieur ; [illegible] descend par la partie avant du collecteur; elle pénètre dans [illegible] tubes intérieurs, et la vapeur de la partie interne du collec[illegible] se rend directement au réservoir.

La production de la vapeur se fait dans de bonnes conditions; [illegible] en descendant, et la vapeur en montant, dans des [illegible] différents. Sur les surfaces de chauffe une circulation [illegible] est assurée, ce qui est une bonne condition, tant au point [de] vue de la puissance de vaporisation qu'à celui de la conserva[tion] des surfaces en bon état.

La grille et le parcours des flammes sont analogues aux dispo[sitions] adoptées dans la chaudière Belleville.

Les [n]ombreuses *chaudières* exposées par *M. Roser* sont de deux [typ]es différents, mais composés tous deux essentiellement d'un [vapori]sateur tubulaire incliné d'environ 0,15 *m* par mètre, sur[mont]é d'un réservoir d'eau et de vapeur. Le premier, à tubes [bou]illeurs simples de 120 *mm*, comprend un faisceau tubulaire [commun]iquant à sa partie supérieure à l'avant avec le réservoir, [et à so]n point bas, à l'arrière, avec un cylindre transversal de gros [diamè]tre qu'il appelle hydro-déjecteur.

Les tubes bouilleurs superposés sont reliés entre eux à chaque [extrém]ité par un collecteur rectangulaire en fer forgé et soudé, [port]ant autoclave à l'avant et en face de chaque tube. Les dif[fére]nts collecteurs rectangulaires de l'avant aboutissent tous dans [un coll]ecteur horizontal placé entre le faisceau tubulaire et le [ré]servoir; les collecteurs d'arrière s'assemblent sur le collecteur [hori]zontal, hydro-déjecteur. Les joints des collecteurs verticaux [av]ec les collecteurs horizontaux sont construits par des bagues [con]iques avec petits tampons et boulons de serrage.

L'alimentation se fait dans le réservoir qui communique à l'ar[rièr]e avec l'hydro-déjecteur, au moyen de deux tubes non chauf[fés] par lesquels descend le liquide. La profondeur de la grille est [com]prise entre le tiers et la moitié de la longueur du vaporisa[teu]r, et deux cloisons réfractaires forcent les gaz brûlés à faire [des] parcours verticaux.

Le second type à doubles tubes est caractérisé par la diminu[tion] de longueur du vaporisateur. En effet, la surface de chauffe se [trouv]e augmentée parce que chaque tube bouilleur de 125 *mm* [renferme] un tube intérieur concentrique, de 80 *mm* par lequel s'ef[fectu]e le retour de flammes. Cette chaudière appartient donc au

type dit tubulaire, en même temps qu'au type dit : à petits tubes-bouilleurs.

Le constructeur a disposé dans cette nouvelle chaudière à retour de flammes un sécheur de vapeur tubulaire, horizontal, placé entre le faisceau incliné et le réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

Un générateur analogue au précédent, à retour de flammes et à tubes amovibles, a été exposé par des constructeurs d'Anzin, *MM. Morelle et Cie*. Les tubes bouilleurs ont de 140 à 160 *mm* de diamètre; les tubes intérieurs ont des joints du système Bérendorf.

Chaudières, système *Terme et Deharbe*, exposées par une Société anonyme coopérative.

Il y a toujours un faisceau de tubes bouilleurs, et au-dessus un réservoir d'eau et de vapeur. Le faisceau tubulaire comprend des éléments composés chacun de trois rangées verticales de tubes, légèrement inclinés sur l'horizontale. Les tubes de centre sont inclinés en sens contraire des deux tubes latéraux, et c'est par ceux-ci que le mélange d'eau et de vapeur est amené dans le collecteur vertical, tandis que les tubes du centre servent à alimenter d'eau chaque élément de deux tubes supérieurs.

Il y a deux collecteurs horizontaux, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Le collecteur inférieur reçoit l'eau pour la distribuer aux différents éléments par l'intermédiaire de boîtes mères, alimentant les deux tubes inférieurs. L'autre, supérieur, est placé au-dessus des collecteurs verticaux de vapeur.

Le système est caractérisé par un mode de joint qui permet de remplacer facilement un tube, tout en donnant une grande facilité de montage.

Les tubes sont renflés à leurs extrémités et ont une partie tournée conique sur laquelle s'emmanche une boîte dont l'orifice est également alésé conique, mais sur un angle différent de celui du tube. A l'extrémité, la boîte est fermée par un bouchon, et il suffit de serrer l'écrou d'un boulon à ancre prenant son point d'appui sur deux trous du tube pour faire un joint, avec interposition seulement d'amiante entre la boîte et le bouchon. Le joint métallique sec du tube et de la boîte est assuré, malgré une certaine mobilité du système, par le contact des deux parties coniques d'angles différents.

La mobilité du joint constitue un des avantages du système ; de plus, il est disposé d'une façon rationnelle, puisque les tubes for-

.. t :. deuxieme parcours de melange d'eau et de vapeur sont
. :. a.bre de deux pour un seul tube de premier parcours.
. .. ..r .. .st presque aussi longue que le faisceau tubulaire et
. ..z brules ont un seul parcours vertical contrarié par des chi-
. s horizontales.

..as la chaudiere exposée sur la berge, à la Station de la Com-
. .. de l'Ec lairage electrique, il a ete place un foyer *Hermann*
.. *he*, qui est a grille multiple mobile avec chargement dans une
. s.perieure. Le charbon descend automatiquement et aussi
!. d'un mouvement de la première grille supérieure. La
.st .n est a flamme renversée au moyen d'une voute placée
. tr. -bas. La seconde grille, la plus grande inclinee de 45 à
.. .. .t pivoter autour de sa base, et c'est là que se forment les
!. rs qui sont facilement brises et tombent sur la troisieme
. .:. rieure, laquelle bascule pour le decrassage en marche.

MM Le Brun, Pille et Dayde, constructeurs à Creil, ont expose
.aud.ere du systeme *Lagosse et Bou hé*, du type trapezoidal
. ..s precedentes, avec cette particularité que le faisceau
...r. se compose de deux parties, dont l'une inférieure de
. ra...es de tubes recevant le coup de feu à des collecteurs
. ..x qui envoient de suite la vapeur dans le réservoir supé-
: L. partie superieure comprend quatre rangées de tubes, et
. ..ct urs sont independants des precedents.
..., .ac t..n entre les boites de raccord et les boites de commu-
' ..a est obtenue au moyen de petits tubes biconiques, aujour-
t . s employes.
. .x de ces generateurs sont garnis de grilles Godillot, dont
. parlons plus loin.

..ch.udiere *Montupet*, dont la disposition generale appartient au
. Bab..k et Wilcox, a un vaporisateur incline d'environ 0,20 *m*
. .e.re, et des collecteurs en fer forge.
!. syst.me .st caractérisé par l'emploi de communi.at..s en
. .: d.b. . n fer, pour permettre la dilatation des colonne s
. .. s d'av.nt et d arriere, et par l'emploi d'un joint part..ul.. r
. .. s p. rmettant une certaine mobilite, en vue de la d.latation
. sans av..r a employer un boulon de serrage, comme dans
.r. . syst.mes analogues.

!. ..nerateur multitubulaire du systeme *Pressard* se differencie
... que le point bas du faisceau tubulaire est a l'avant, au-de ssus

de la porte du foyer, et en ce que le dégagement de vapeur se fait à l'arrière. On ne voit pas les raisons qui ont amené l'inventeur à adopter l'inclinaison en sens contraire.

M. *Pognon* a présenté son système dit : « A serpentin mixte », dans lequel il n'entre pas de collecteurs généraux, comme dans d'autres chaudières multitubulaires, mais une série de tubes collecteurs qui sont juxtaposés avec joints entre eux, de façon à permettre leur facile dilatation, en même temps que l'amovibilité des tubes.

La chaudière du système *Maniguet*, exposée par M. Lacroix, a la forme générale des chaudières multitubulaires que nous venons de décrire, mais avec une disposition toute particulière qui permet d'augmenter la surface de chauffe par unité de volume.

Le faisceau tubulaire incliné est composé de gros tubes de 210 *mm* mandrinés sur les parois internes de caissons en fer forgé, et à l'intérieur de chaque gros tube, passe un petit faisceau de quatre tubes en croix, de 65 *mm*, portant des tampons coniques qui font joint sur les parois externes des caissons. Pour nettoyer les petits faisceaux, il faut les retirer en démontant les barrettes à l'arrière.

La grille occupe presque toute la longueur du faisceau tubulaire, et les flammes, après avoir traversé en montant le faisceau de gros tubes, reviennent de l'avant à l'arrière par l'intérieur des petits tubes, et se rendent ensuite à la cheminée.

Nous trouvons dans la section belge une chaudière de M. *Hanrez*, qui est formée d'un faisceau tubulaire presque vertical, puisque son inclinaison sur l'horizontale est de 60° environ. Les tubes sont reliés haut et bas par deux caisses en tôle à parois entretoisées. La caisse supérieure communique par une large ouverture avec un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, placé en arrière et en haut du corps tubulaire, et de l'extrémité duquel descend un tube vertical qui communique avec la caisse inférieure, collecteur de dépôts.

Un foyer à étages placé en regard de la partie inférieure des tubes permet de brûler méthodiquement des combustibles bon marché. Les gaz brûlés chauffent le faisceau tubulaire en serpentant deux fois. La plus grande partie du corps supérieur n'est pas chauffée. Il porte une disposition spéciale pour sécher la vapeur, consistant en deux dômes, dont l'un communique avec la cham-

.. vapeur, tandis que l'autre en est séparé par une partie ... dans l'eau. La vapeur prise dans le premier ... par un tuyau dans le second, où elle subit un chan... brusque de direction avant de se rendre dans la conduite.

... son belge *Petry-Chaudoir* a exposé une chaudière en feu ... deux faisceaux tubulaires opposés bout à bout, avec ... au-dessus.

... *Oriolle* qui fournit la force motrice à la station ..., près la gare de Decauville, aux Invalides, se com... deux lames d'eau inclinées et parallèles qui communi... faisceau de petits tubes bouilleurs de petit diamètre, ... raison de 10 à 20 *cm* par *m*. L'écartement des tubes, qui 40 *mm* à la partie inférieure, diminue progressivement jus-17 *mm* à la partie supérieure, et au-dessus, se trouve un ... eau et de vapeur.

... lame d'eau est constituée par deux plaques parallèles ..., la petite base en haut, et maintenues par un grand ... d'entretoises rivées. Les tubes sont mandrinés dans les ... plaques intérieures, et les ouvertures des plaques exté..., destinées au nettoyage des tubes, sont fermées par de ... munis de rondelles en caoutchouc.

... les tubes fonctionnent donc indépendamment les uns des ... comme de simples bouilleurs, de sorte que la suppression ... d'eux ne fait pas obstacle au fonctionnement des autres, ... arrive dans les systèmes qui ont des éléments com... de tubes solidaires.

... rapprochement des tubes, au fur et à mesure que l'on s'é... du foyer, constitue un très sérieux avantage, puisque les ... de passage entre les tubes se trouvent ainsi à peu près ...tionnelles au volume des gaz brûlés, qui va en diminuant ... avant du foyer, c'est-à-dire en se refroidissant. Les pro... combustion donnés par une grille placée au-dessous du ... tubulaire s'élèvent verticalement entre les tubes jusqu'à ... placée au-dessus. Le nettoyage de l'extérieur des ... par un jet de vapeur introduit par quelques trous ... de la plaque intérieure.

... système de chaudière est très robuste; il contient une grande ... de chauffe par unité de volume; son poids est relative... et il présente au point de vue de l'inexplosibilité de ... conditions de sécurité.

Un générateur *de Dion, Bouton et Trépardoux* fonctionne aux Invalides dans l'annexe Geneste et Herscher.

C'est un générateur multitubulaire comprenant une enveloppe formée de deux cylindres, d'un bouilleur central et d'un faisceau de tubes reliant le bouilleur à l'enveloppe.

Les tubes sont rayonnants et inclinés, en rangées superposées, de façon que les tubes de chaque rangée correspondent aux intervalles des tubes des rangées immédiatement voisines. Le faisceau tubulaire se continue au-dessus du niveau normal de l'eau dans la chaudière, de telle sorte que la vapeur se sèche en cheminant dans les tubes. La circulation de la vapeur dans les tubes supérieurs est d'ailleurs assurée par un diaphragme placé dans le bouilleur au milieu de sa hauteur. La partie supérieure du bouilleur forme réservoir de vapeur.

La grille a été supprimée et remplacée par un foyer semblable à ceux que MM. *Geneste, Herscher*, emploient dans leurs calorifères pour l'utilisation des combustibles menus.

Ce foyer comprend essentiellement une grille inclinée et basculante placée au-dessus et en avant d'une petite grille ordinaire horizontale et fixe. La grille inclinée, avec entrées d'air latérales, est constituée par des supports sur lesquels sont disposés des barreaux ajourés et bruts de fonte placés en gradins, et fixés au moyen de broches en fer cornière, ce qui permet leur remplacement facile. Le combustible, chargé dans une trémie, coule en brûlant sur ces barreaux en gradins et les mâchefers se retirent par l'intervalle laissé libre entre la grille inclinée et la grille horizontale. Le mouvement de bascule de la grille inclinée permet de la mettre horizontale pour l'allumage et le nettoyage.

Les ateliers Fraissinet, de Marseille, ont exposé deux chaudières multitubulaires de sytème *Lagrafel* et *d'Allest*, qui sont à retour de flammes avec boîte à feu commune, qui peuvent marcher à tirage forcé, auquel cas, on brûle plus de 200 *kg* par m^2 de grille.

La chaudière du système *Bordone* est une chaudière type de bateau, qui a été construite avec un plus grand volume d'eau pour actionner un pulsomètre.

Ce type comprend presque toute la série des appareils vaporisateurs qu'on retrouve dans les autres chaudières : corps supérieur, bouilleurs réchauffeurs, petits tubes horizontaux, tubes verticaux, tubes pendentifs avec tubes adducteurs; mais ce qui

.. verse le système, c'est l'emploi de tubes jointifs placés au-... à droite et à gauche du foyer, de manière à utiliser toutes ... parties métalliques comme surface de chauffe, en l'absence ... de maçonnerie. On a un long parcours de gaz et une grande ... de chauffe dans un espace très restreint. L'alimentation se ... dans les réchauffeurs inférieurs, desquels les boues sont ... par vidange.

2° Chaudières a foyer intérieur

... chaudières *à foyer intérieur amovible*, éminemment fran-... sont représentées à l'Exposition par trois chaudières en eu : ... du système *Thomas* et *Laurens*, exposées par la Société ...-... de Pantin, et par MM. Archambault et Soucaille ; la troisième, ... par la Compagnie de Fives-Lille, a une disposition diffé-..., employée depuis peu. Dans la galerie des machines, nous ... une chaudière *Galloway* à deux foyers intérieurs.

La chaudière exposée par MM. *Weyher et Richemond*, de Pantin, ... type bien connu que la Société centrale a fourni depuis de ... années avec beaucoup de succès.

Cette chaudière se compose d'un grand corps cylindrique fixe, ... réservoir supérieur d'eau et de vapeur. Le corps cylindrique ... un foyer intérieur à l'extrémité duquel existe une boîte ...mettant aux flammes de revenir sur elles-mêmes par des tubes ...ontaux traversant la couronne d'eau qui entoure le foyer ...eur. L'ensemble du foyer, des tubes et de la boîte qui est à ...tation libre, forme un tout amovible qui se boulonne à l'avant ... la bride du corps cylindrique, avec joint en caoutchouc. Cette ...vibilité a pour avantage de pouvoir désincruster facilement ...térieur des tubes, et permet d'avoir un foyer de rechange.

Le générateur exposé par la *Compagnie de Fives-Lille* a son corps ...aire au delà et en prolongement du foyer intérieur. Celui-ci, ... 1,02 *m* de diamètre, et de 2,83 *m* de longueur, est formé par ... viroles, avec le système de joints très employé en Angleterre, ... comporte des bords relevés avec congés très arrondis. La ... occupe les deux tiers environ de la longueur du foyer en ... et l'autre tiers constitue une chambre de combustion dans ... les gaz se brassent et s'enflamment avant d'entrer dans ... tubes. Il y a une longueur de 3,50 *m* entre les plaques tubu-... d'avant et d'arrière ; cette dernière est boulonnée sur le fond

par une contre-plaque, de façon à permettre l'amovibilité du tout par le déboulonnage du joint de l'avant et des quelques boulons de l'arrière. Les tubes sont assemblés à joints coniques, d'après le système démontable de Berendorf.

Le corps cylindrique inférieur fixe est relié à un réservoir supérieur d'eau et de vapeur par trois cuissards de gros diamètre. La prise de vapeur est faite au moyen d'un tuyau horizontal de gros diamètre percé de trous, qui occupe toute la longueur du corps supérieur et qui débouche directement dans le dôme par une tubulure centrale. Ainsi on évite les soubresauts et les entraînements d'eau. La circulation des flammes et des gaz brulés a lieu par le foyer intérieur, par le corps tubulaire et puis en retour par l'extérieur du générateur.

La chaudière *Galloway* se compose d'un grand corps cylindrique à fonds plats dans le bas duquel sont deux foyers intérieurs se prolongeant par un carneau unique de section elliptique régnant sur toute la longueur. Les parois de ce carneau sont entretoisées haut et bas par des tubes coniques disposés en quinconces, lesquels constituent des petits bouilleurs verticaux. Les gaz brûlés reviennent en chauffant une partie du corps cylindrique et s'en retournent en chauffant l'autre partie.

3° Chaudières tubulaires

Les chaudières tubulaires proprement dites sont celles dans lesquelles les gaz brulés parcourent l'intérieur des tubes d'un faisceau tubulaire, à l'inverse, par conséquent, de ce qui se passe dans les chaudières dites multitubulaires, dans lesquelles c'est l'eau ou la vapeur qui parcourt l'intérieur des tubes. Les chaudières de locomotives ou de locomobiles sont essentiellement des chaudières tubulaires. MM. *Davey, Paxmau et Cie* ont installé, dans la cour intérieure de l'Électricité une batterie de 9 chaudières, type locomotive, avec chambre de chauffe en sous-sol et application de *foyers Godillot*, alimentés mécaniquement de houille fine au moyen d'un système d'hélices conduisant le combustible jusqu'au-dessus de chaque grille.

La grille Godillot, dont M. Regnard vous parlera, a l'apparence d'un demi-cône dont les barreaux vont sans cesse en décroissant de la base au sommet, et l'alimentation, se faisant au point culminant, s'opère facilement d'une façon mécanique. Employée d'abord

la combustion des matières pauvres, cette grille a reçu quelques ...fications pour servir à brûler des menus de houille, de coke ...anthracite. A cet effet, il a été établi une circulation d'eau ...les barreaux, ce qui lui a fait donner le nom de « grille à ...es étagés ». Chaque barreau porte une nervure qui plonge ...ns une cuvette en fonte remplie d'eau, et le trop plein de chaque ...te se déverse dans la cuvette inférieure.

...grille Godillot a été également employée sur deux chaudières ...en feu, et aussi sur deux des générateurs exposés par ... Piret et Dayde; dans ceux-ci, les grilles sont placées au ... niveau que les grilles ordinaires. Le charbon est chargé ...la cour dans une trémie reliée à un élévateur et mue mé...ement pour l'amener dans une deuxième trémie, d'où il est ...ue par des vis sur le sommet des grilles.

4° Chaudières a gros bouilleurs

La maison *Meunier et Cie* de Fives-Lille nous a montré deux géné...s à bouilleurs semi-tubulaires; une chaudière verticale à ...urs croisés soudés, et diverses pièces détachées dont l'exé... ne laisse rien à désirer. Tous les appareils sont en tôle ...extra-doux de Denain, que ces constructeurs emploient ...rd'hui exclusivement. Aussi ont-ils présenté des éprouvettes ...erses pièces pour démontrer l'excellence du métal, notam... des tôles pliés en deux et quatre parties, à froid, au pilon, ...s avoir subi la trempe.

Nous ne dirons pas la chaudière semi-tubulaire préconisée et ...rouvée depuis longtemps dans le nord de la France; qu'il nous ...se de rappeler qu'elle se compose de deux gros bouilleurs ...ontaux surmontés par un gros corps cylindrique tubulaire ...s plats avec les cuissards ordinaires formant communications.

La maison *Fontaine*, de Lille, présente aussi une chaudière semi-...laire qui est en feu dans la cour de la force motrice, et une ...dans la galerie des machines, et dont la bonne exécution est ...aler.

...constructeur de Vienne (Isère), M. *Trainard*, a exposé un type ...chaudière de M. Dulac d'Armentières (Nord). Il se compose de ...eurs bouilleurs inclinés, superposés, de diamètre ordinaire, ...s par l'avant seulement au corps supérieur de la chaudière

horizontale et libres à l'arrière dans le point le plus bas. Sur la largeur existent plusieurs murettes qui forcent les gaz brûlés à une série de parcours verticaux, à l'inverse, par conséquent, de ce qui se passe généralement.

C'est donc une chaudière à grand volume d'eau et de vapeur, dans laquelle la circulation paraît mieux assurée que dans les chaudières ordinaires à bouilleurs horizontaux.

5° Chaudières diverses

La chaudière de M. *Dulac* présente une disposition toute spéciale avec un foyer à cuve muni d'une grille à échelons d'une disposition nouvelle.

La chaudière se compose de trois parties ; celle qui est placée au-dessus du foyer est formée par une série de tubes Field de 1,40 *m* de longueur et de 70 *mm* de diamètre, lesquels sont surmontés de tubes collecteurs de dépôts. Les tubes pendentifs sont surmontés normalement par un fond bombé, de sorte qu'ils ne sont pas parallèles et qu'ils forment, dans leur ensemble, un éventail tronc-conique. La pratique a démontré que, grâce aux appareils de décantation et de circulation, les corps en suspension viennent se déposer en très grande partie dans les collecteurs supérieurs.

La deuxième partie est un cylindre horizontal et la troisième un cylindre vertical au bas duquel se fait l'alimentation. Il en résulte que pour arriver aux tubes pendentifs l'eau suit un chemin de sens inverse à celui des gaz brûlés, qui se refroidissent rapidement au contact de l'éventail tubulaire. Celui-ci présente cet avantage que la section libre entre les tubes est maxima dans la partie basse où les gaz sont les plus chauds (environ 1 200 degrés), et cette section va en diminuant au fur et à mesure que les gaz, en se refroidissant, ont diminué de volume. Au point haut de l'évantail, les gaz n'ont plus que 400 degrés.

Le foyer se présente sous la forme d'une cuve conique en briques de 0,11 *m* d'épaisseur, refroidies extérieurement par un courant d'air qui contourne la cuve avant de se rendre à la grille, de sorte que sa température s'élève jusqu'à 90 degrés.

La grille présente une inclinaison de 40 à 50 degrés avec l'horizontale. Elle est formée d'une série de cuvettes en fonte étagées avec alimentation d'eau à chaque étage. Sur ces cuvettes pose simplement une série de petits barreaux en fonte juxtaposés, qui

· ' mobiles autour de leur base triangulaire plongée dans l'eau.
. orte de chargement est en forme de cuvette oscillant autour
axe horizontal, de telle sorte que dans les deux positions,
ne peut pénétrer directement sur la grille.

MM. Imbert frères ont exposé un générateur dit le *Hérisson*. Ce
se compose d'un corps cylindrique vertical qui porte tout
r dans sa partie basse plusieurs rangées de tubes Field,
ataux, normaux par conséquent à la paroi du cylindre.
· aucun joint autoclave; les nettoyages et l'entretien se
ar l'intérieur de la chaudière dont toutes les parties sont à
a libre.
chauffage n'existe que sur la hauteur du Hérisson; le fond
chaudière où se forment les dépôts n'est donc pas soumis à
a des flammes.

· chaudière d'un type nouveau a été exposée par M. *Durenne*
arbevoie. Elle a été adoptée par le régiment de sapeurs-pom-
de Paris, pour les nouvelles pompes à vapeur; le problème
· était à avoir un générateur léger, puissant sous un faible vo-
·, et d'une mise en pression très rapide. Pour obtenir ce triple
M. Durenne a remplacé les tubes pendentifs d'une chaudière
par un faisceau de petits tubes curvilignes en cuivre faisant
communiquer le bas de la couronne d'eau entourant le foyer avec
de celui-ci.
·· tubes sont à dilatation libre, en raison de leur forme plus
ins contournée; ils sont très rapprochés les uns des autres,
que dans une chaudière de 600 de diamètre, 72 tubes de
· ont pu être placés. Leur position presque verticale produit
rculation très active de l'eau, et la vapeur doit se dégager
une grande intensité dans le réservoir traversé par la che-
·· La vapeur serait certainement très humide si le tuyau de
ne venait se brancher sur un manchon entourant la chemi-
· dans lequel la vapeur entre par des trous diamétralement
·sés à ce tuyau.
La surface de chauffe de la chaudière de la pompe à incendie est
2 m, et comme chaque mètre carré peut vaporiser plus de
· kg par heure, 8 minutes suffisent pour la mise en pression.
· Le poids de la chaudière vide n'est que de 350 *kg*, environ.
· constructeur a présenté dans la cour de l'électricité une chau-
· d'usine de même type ayant 30 m^2 de surface de chauffe et
· ant alimenter une machine de 120 chevaux.

Les nouveaux générateurs *Serpollet*, à vaporisation instantanée, sont exposés dans un pavillon spécial sur la berge de la Seine. C'est évidemment le type de chaudière le plus original; il ne ressemble à aucun de ceux qui l'ont précédé.

Une chaudière Serpollet est constituée par un seul tube en cuivre rouge de 90 *mm* de diamètre et de 2 *m* de longueur, à parois très épaisses, qui a été écrasé de telle sorte que le vide intérieur a été réduit à une fente capillaire d'un demi-millimètre d'épaisseur seulement. Ce tube, ainsi aplati, est contourné en spirale et se termine à chaque extrémité par une tubulure. Par l'une, l'eau est injectée, et par l'autre sort la vapeur absolument sèche et surchauffée qui vient de se former instantanément. C'est donc en réglant le jeu de la pompe d'injection que l'on règle la marche de la chaudière, et conséquemment, de la machine qu'elle alimente.

Un tube de 34 *kg* constitue une chaudière d'un cheval. Souvent l'inventeur place deux tubes à la suite l'un de l'autre pour augmenter un peu la puissance; mais jusqu'ici, il n'est pas parvenu à les conjuguer pour les faire agir, non plus en tension, mais en quantité.

C'est la seule chaudière connue qui soit absolument inexplosible, car elle ne contient pas un poids d'eau appréciable; par contre, son volant de chaleur est bien faible, car il ne réside que dans le métal de la chaudière elle-même, dont le poids a été augmenté en donnant aux parois des épaisseurs de 12 à 15 *mm*; pour augmenter un peu la surface de chauffe, le tube a été aplati en ménageant à sa surface des surépaisseurs formant ailettes.

Le cuivre a été adopté après qu'on a reconnu que des tubes en fer s'oxydaient et se bouchaient à l'intérieur dans le travail à chaud que l'on fait subir au tube pour l'aplatir.

L'avantage de ce système se comprend pour des générateurs d'un ou deux chevaux placés dans des conditions spéciales (tricycles, chaloupes, moteurs domestiques, etc.), mais est-il économique? Assure-t-il une marche régulière facile? N'oublions pas que son volant de chaleur réside dans un métal qui vaut 3 000 *f* la tonne, tandis que dans les autres chaudières, il réside dans de l'eau qui vaut 30 centimes au maximum.

J'ai rempli la tâche que j'avais acceptée et qui consistait principalement dans la description des chaudières exposées. Je cède la parole à mes deux collègues qui ont bien voulu se charger de les comparer et de les apprécier.

II

SÉCURITÉ

PAR

M. Ch. COMPÈRE

Notre Vice-Président, M. Périssé, a bien voulu me prier de compléter sa très intéressante étude descriptive sur les chaudières à l'Exposition universelle de 1889 en mettant en relief les progrès réalisés au point de vue de la sécurité publique.

Ce sujet serait très vaste et je me bornerai à vous en présenter les lignes générales, en ce qui concerne les générateurs multitubulaires, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, la construction de chaudières et l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

PROGRÈS RÉALISÉS PAR L'EMPLOI DES CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

Tout d'abord, il est un fait capital qui a pu frapper les visiteurs de l'Exposition : c'est l'extension des générateurs à petits éléments, ou multitubulaires.

Cette extension est certainement très justifiée par les avantages que présentent ces générateurs, avantages que M. Olry, Ingénieur en chef des mines, a fait ressortir très complètement dans son remarquable travail qu'il a présenté l'an dernier au Congrès international de mécanique appliquée.

Les principaux avantages, que je ne ferai que rappeler, sont :

— Possibilité d'obtenir de la vapeur à haute pression sans augmenter les épaisseurs, résultant de l'emploi de tubes bouilleurs de petit diamètre (de 0,07 à 0,12 *m*), pour lesquels d'ailleurs la fatigue du métal est beaucoup moindre que dans les chaudières ordinaires, étant données les épaisseurs pratiques des tôles et des tubes.

— Possibilité, par cet emploi de tubes, de restreindre considérablement le volume et par suite le poids et l'encombrement de l'appareil, à surface de chauffe égale.

— Grande surface de chauffe offerte au rayonnement direct du

foyer; d'où une meilleure utilisation de la chaleur, variable d'ailleurs avec les dispositifs adoptés pour assurer le contact des gaz avec la surface extérieure des tubes.

— Division en pièces peu pesantes et de dimensions restreintes et facilement démontables; d'où grande commodité pour les transports et le montage, et possibilité d'introduire des chaudières dans des emplacements d'un accès difficile.

— Facilité et rapidité des réparations, les tubes et leurs éléments étant interchangeables.

— Liberté des dilatations, variable avec les divers types.

— Rapidité de mise en pression.

Par contre, la diminution du volume d'eau emmagasinée rend plus difficile le maintien du niveau et de la pression.

Les générateurs multitubulaires répondent d'ailleurs à des besoins nouveaux de l'industrie que l'Exposition de 1889 a fait ressortir nettement et qui réclament de grandes forces à l'intérieur des villes, dans les maisons habitées même et dans des lieux fréquentés par un public nombreux; je veux surtout parler de l'éclairage électrique.

L'installation de telles forces n'était possible qu'à la condition expresse de présenter toute sécurité aux personnes se trouvant dans leur voisinage; les magasins, les théâtres, les hôtels, etc., sont des exemples frappants de ce nouveau programme de l'industrie, lequel peut se résumer ainsi : beaucoup de surface de chauffe, faible encombrement, et la matière explosive des chaudières étant l'eau chaude, peu d'eau.

Ce programme est bien réalisé par les générateurs multitubulaires.

La sécurité que procure l'emploi de ces générateurs résulte d'ailleurs, ainsi que l'ont fait remarquer M. Olry et M. Périssé, non-seulement de leur faible capacité, mais encore et surtout de la répartition de l'eau et de la vapeur dans un grand nombre de tubes qui ne communiquent entre eux que par des raccords à section étroite. Cela étant, si une rupture vient à se produire, la difficulté de communication des diverses parties du générateur entre elles, en ralentissant considérablement l'écoulement du mélange fluide, enlève au phénomène l'instantanéité qui le rend si redoutable. Il n'y a plus d'explosion proprement dite, plus d'effets destructeurs, plus de ces effrayantes catastrophes qui répandent au loin la mort et la ruine.

Au point de vue de la sécurité ainsi obtenue, les chaudières à petits éléments doivent être divisées en deux classes :

.a première classe comprend les chaudières qui ne comportent
: ... tubes, tels que les générateurs Belleville ; ce sont évi-
...ent celles qui font courir le moins de danger au voisinage,
... son même de leur très faible volume d'eau emmagasinée
... occupe qu'une fraction du faisceau tubulaire ; mais ce très
volume d'eau rendrait très difficile le maintien de la pression
niveau, si ces chaudières n'étaient munies de régulateurs
...atiques d'alimentation et de pression, dont une longue pra-
... montré l'efficacité.

... la seconde classe, qui comprend la plupart des types mul-
...aires, le faisceau tubulaire est entièrement rempli d'eau,
niveau est remonté dans un réservoir supérieur d'une capa-
... ou moins grande ; de cette façon, la conduite du généra-
... est plus facile, la pression y est plus régulière, le niveau est
... stable et l'alimentation peut être intermittente ; mais, d'autre
... les dangers consécutifs d'explosions sont, en principe, moins
...ètement évités ; car, si la rupture d'un tube conserve à l'acci-
... son caractère d'un écoulement d'eau progressif, celle des
... supérieurs peut entraîner, si elle se produit brusque-
... en large section, des effets dynamiques que les chaudières
...tubulaires ont précisément pour but d'éviter.

... extension des chaudières multitubulaires était du reste possible
... application même des règlements administratifs, lesquels se
...at au seul point de vue de la sécurité, divisent les chaudières
... catégories, en assignant à chacune d'elles des conditions
...ement particulières ; cette classification est basée, d'après
...cret du 30 avril 1880, qui réglemente actuellement les appa-
... à vapeur, sur le produit de la multiplication du nombre ex-
...ant en mètres cubes la capacité totale de la chaudière par le
...bre exprimant, en degrés centigrades, l'excès de la tempéra-
... de l'eau correspondant à la pression indiquée par le timbre
...mentaire sur la température de 100 degrés, ce dernier nombre
...sentant la quantité de chaleur dangereuse accumulée dans
...audière. Les chaudières sont de la première catégorie quand
...oduit est plus grand que 200 ; de la deuxième, quand le
...t n'excède pas 200, mais surpasse 50 ; de la troisième, si le
... n'excède pas 50.

... capacité plus faible des chaudières multitubulaires permettait
... à catégorie égale, d'obtenir une plus grande surface de chauffe
... suite une plus grande force qu'avec les chaudières ordi-
...

Mais l'application stricte des règlements restait encore insuffisante pour répondre aux besoins de plus en plus grands de l'industrie ; les rédacteurs du décret ne voulant pas alors arrêter des progrès réalisés si rapidement, surtout par l'éclairage électrique, ont introduit, par l'article 35, la possibilité au ministre d'accorder dispense des conditions d'emplacement pour les générateurs multitubulaires, en raison de la sécurité qu'il assurent à leur voisinage ; une circulaire ministérielle du 14 avril 1888 est venue réglementer les conditions à exiger pour l'octroi de ces dispenses.

Il faut noter ici que, dans ces dispenses, l'Administration n'a pas cru devoir, malgré tout, déroger à l'esprit du décret, au point de vue de la sécurité des locaux voisins; c'est ainsi qu'elle a décidé de n'étudier les demandes de dispenses d'emplacement des générateurs multitubulaires qu'autant que leurs gros éléments, les seuls pouvant faire explosion, à proprement parler, resteraient pour chaque générateur en troisième catégorie, laquelle comporte, aux termes du décret, des chaudières pouvant être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison d'habitation.

Dans le même ordre d'idées, la circulaire précitée demande qu'il soit réservé une distance minimum de 0,50 *m* entre les murs du massif du fourneau et les murs des maisons d'habitation voisines, comme pour les chaudières de troisième catégorie.

Quant aux petits éléments, tubes, collecteurs, etc., définis par une section transversale inférieure à 1 dm^2, comme leurs déchirures n'entraîneraient, ainsi qu'il a été dit plus haut, qu'un écoulement progressif d'eau et de vapeur, ladite circulaire a admis que leur capacité totale les classe en deuxième catégorie.

En résumé, par ce nouvel état de choses, il est maintenant possible de monter à l'intérieur des villes, comme Paris, des surfaces de chauffe considérables en générateurs multitubulaires, tout en assurant la sécurité publique.

Si, au point de vue des risques du voisinage, les chaudières multitubulaires peuvent ainsi, dans une certaine mesure, justifier l'appellation d'*inexplosibles* qui leur est donnée souvent, il m'a paru intéressant de chercher d'après les faits acquis, s'il en était de même pour le personnel chargé de leur conduite, lequel est exposé directement aux accidents possibles, alors que ces accidents peuvent rester ignorés du voisinage.

Les statistiques officielles pourraient seules donner des indications à ce sujet ; elles sont relatées chaque année dans le *Journal*

...si; mais en les consultant, on arrive à constater qu'elles ...nt être forcément incomplètes, surtout en ce qui concerne ... chaudières multitubulaires.

En effet, ces statistiques comprennent aussi les accidents n'ayant ... aucune ni morts ni blessures, et cela conformément d'ailleurs ... paragraphe 2 de l'article 38 du décret de 1880 ainsi conçu :

« En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessure, ...nieur des Mines seul est prévenu ; il rédige un rapport qu'il ... par l'intermédiaire et avec l'avis de l'Ingénieur en chef au ...t. »

Je ne crois pas trop m'avancer en disant que les industriels, ...tant ou non cette prescription, négligent trop souvent de pré... l'Ingénieur des Mines de ces cas d'accidents, et cela surtout ... les générateurs multitubulaires dont les réparations, après ...res de tubes par exemple, sont extrêmement faciles et peuvent ...ter sans contrôle, et pour lesquels d'ailleurs, le mot « accident » ... administrativement, n'est pas encore bien défini.

...te réserve faite, la proportion officielle des accidents arrivés ... l'emploi des chaudières à petits éléments a été donnée dans ...avail de M. Olry ; les morts et les blessures qui y sont consi... n'ont frappé que les préposés à la conduite des appareils.

De 1870 à 1875 (6 ans), il ne s'est pas produit un seul accident.

De 1876 à 1888 (13 ans), leur nombre a été de quatorze, dont ... en 1886, cinq en 1887, et un en 1888 ; ils ont occasionné la ... de huit ouvriers et des blessures à quatorze autres, soit en ... vingt-deux victimes.

... un de ces accidents n'a produit d'effets dynamiques appré...s ; sous ce rapport, le but poursuivi a été atteint.

Les chiffres des dernières années permettront de compter annuel...ent, en moyenne, sur trois ou quatre accidents de générateurs ...tubulaires, ce qui représente à peu près le 1/7 du total des ...sions connues de chaudières, dont la moyenne, de 1876 à 1888, a été de vingt-six par an. Or, il existait en France et en ...rie, à la fin de 1887, en dehors de la marine militaire, 81 506 ...dières en activité.

Pour que la proportion des accidents ne fût pas plus forte pour ... générateurs à petits éléments que pour les autres chaudières, ...udrait que leur nombre fût de 11 644 ; comme il est très infé... à ce chiffre, et qu'il n'en atteint même pas le tiers, on est ...duit à conclure que *ces chaudières sont plus sujettes que d'autres aux accidents*. En d'autres termes, la moindre importance indivi-

duelle de leurs accidents serait compensée, dans une certaine mesure, par une fréquence plus grande.

Ces conclusions, que les faits réels viennent encore renforcer, ne sont pas sans laisser une certaine inquiétude dans l'esprit, d'autant plus qu'en matière d'accidents, le hasard joue un grand rôle ; ainsi, la rupture d'un tube, accident le plus fréquent dans les chaudières multitubulaires peut n'avoir aucune suite, comme il peut entraîner brûlures et morts si le chauffeur reçoit le jet de vapeur ou l'aspire, si la vapeur lance le charbon dans la chaufferie, etc.; en d'autres termes, pour employer un mot à l'ordre du jour, le risque professionnel des conducteurs de générateurs multitubulaires est de beaucoup augmenté.

Pour tirer des accidents survenus dans l'emploi des chaudières multitubulaires un enseignement utile, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails.

Relativement à leurs causes, ces accidents se répartissent de la manière suivante :

NATURE DES CAUSES		Nombre des morts	Nombre [illegible]	
			[illegible]	[illegible]
Coups de feu	par défaut d'alimentation	1	»	1
	suivi d'alimentation intempestive	1	2	»
	par abaissement excessif du niveau, résultant d'un fonctionnement défectueux des appareils d'alimentation, et non indiqué, par suite d'un vice de construction des appareils de niveau	1	»	1
	par obstruction provenant de dépôts incrustants	2	»	»
Chauffage trop énergique	Rupture d'un tube du bas présentant un défaut de soudure	1	1	»
	Rupture d'un tube surchauffeur	1	»	1
Vice de construction provenant d'un principe défectueux : rupture de tube dans une section affaiblie par la construction		2	1	2
Épaisseur insuffisante de tubes sécheurs, par suite de corrosion, d'usure, etc.			3	3
Rupture d'attaches de bouchons non autoclaves		2	1	6
Ensemble		14	8	14

Les conclusions qu'on peut tirer de ce tableau, pour la marche des chaudières multitubulaires, sont les suivantes :

Nettoyer fréquemment et complètement toutes les parties constitutives des chaudières ;

Se préoccuper, dans l'étude d'un type donné, des facilités de nettoyages ;

Vérifier souvent la marche des appareils d'alimentation, pompes, petits chevaux, injecteurs, etc. ;

La circulaire ministérielle du 14 avril 1888 prescrit à ce sujet deux appareils d'alimentation distincts, dont un au moins indépendant des machines motrices ;

Surveiller attentivement la conduite du feu.

Au point de vue de la construction, ce tableau montre aussi que :

Les tubes sécheurs, quand ils ne sont pas rafraîchis par une circulation rationnelle et qu'ils sont exposés à un chauffage trop fort, doivent avoir une épaisseur plus grande, en prévision des corrosions possibles et de l'usure par oxydation ;

Les bouchons autoclaves sont préférables aux bouchons non autoclaves ; leur étanchéité augmente avec la pression. Les bouchons non autoclaves ont l'inconvénient de pouvoir être projetés avec force, en cas de rupture de l'attache ;

Les détails très variés des nombreux types de chaudières multitubulaires déjà offerts à l'industrie doivent être étudiés avec grand soin, au point de vue de leur résistance.

Je dois faire remarquer, en outre, que quatre des accidents précités n'auraient eu que des suites insignifiantes et n'auraient pas atteint le personnel, si les portes des boites à tubes n'étaient ou n'avaient pas été imprudemment ouvertes lors des accidents, et si elles avaient été, ainsi que les portes des foyers, solidement loquetées (dans le coup de feu par abaissement excessif de niveau, la porte de la boite à tubes dont le loqueteau était en mauvais état et celle du foyer, qui n'avait aucun moyen de fermeture, se sont ouvertes brusquement).

Cette simple précaution aurait diminué de quatre le nombre des morts et de six celui des blessés ; aussi, la circulaire ministérielle du 14 avril 1888 a-t-elle spécifié la prescription suivante : « Les portes des boites à tubes seront tenues fermées pendant le travail ; celles du foyer le seront habituellement ; le système de fermeture présentera des garanties de solidité. »

Dans le même ordre d'idées, il faut bien se garder de serrer les bouchons des tubes en marche, en cas de fuites ; s'ils venaient à

se rompre, les portes des boîtes à tubes étant ouvertes, le personnel serait directement atteint; c'est ce qui est arrivé dans deux des quatre cas cités plus haut où il y a eu deux tués et cinq blessés.

La statistique permet enfin de constater que sur les quatorze accidents relatés plus haut, cinq ont eu lieu dans des bateaux, et six à terre, c'est-à-dire dans des emplacements disponibles très restreints qui, tout en justifiant l'adoption du type multitubulaire, ne permettaient pas d'avoir des chaufferies assez grandes et assez bien disposées pour éviter aux ouvriers les conséquences dangereuses des accidents; la prescription contenue dans la circulaire ministérielle du 14 avril 1888, à savoir que « la chambre de chauffe aura une largeur suffisante et des moyens de retraite facile seront ménagés aux chauffeurs et mécaniciens », doit être étendue à toutes les installations de chaudières multitubulaires.

Outre ces conclusions, tirées du triste enseignement des accidents déjà connus, l'expérience acquise dans l'emploi des chaudières multitubulaires fournit encore, au point de vue de la sécurité, des remarques fort utiles, telles que les suivantes:

L'épuration préalable des eaux d'alimentation, moyen beaucoup plus rationnel de lutter contre les incrustations et leurs conséquences, est surtout indiquée avec les chaudières multitubulaires, dont les petites sections peuvent s'obstruer plus rapidement.

L'emploi de la fonte ordinaire dans toutes les parties soumises à des températures élevées et brusquement variables doit être absolument proscrit.

Les chevilles en métal fusible, dont sont pourvues les chaudières Belleville, sont d'une excellente application; leur fusion provient de l'abaissement de l'eau ou de l'obstruction d'un élément avant qu'une avarie soit possible.

Il faut aussi s'attacher à ce que les parties exposées à l'action de la chaleur puissent, autant que possible, se dilater librement dans tous les sens, afin que les écarts de température, dans les diverses régions de l'appareil, n'occasionnent pas des dislocations, des fuites ou des ruptures; ces effets sont à redouter, dans les chaudières multitubulaires, comme dans les chaudières ordinaires, surtout dans celles où la circulation est peu active, et où les tubes sont longs et assemblés aux deux bouts à des pièces très rigides, telles que des caisses en tôle, ou même des collecteurs en fonte ou en fer.

La rapidité de circulation dans les tubes est aussi d'une grande

importance ; elle favorise la prompte absorption de la chaleur et permet de bien utiliser la conductibilité du métal.

La circulation est parfaitement assurée dans la chaudière Belleville, où l'élément forme serpentin, et dans laquelle une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager ; mais ce système de circulation peut donner lieu à la formation de chambres de vapeur, occasionnant des coups de feu, si le feu est trop intense et si la chaudière est trop forcée ; l'expérience montre qu'il ne faut pas, dans les chaudières Belleville, dépasser une production de vapeur par heure de 18 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, pour rester dans de bonnes conditions.

Dans les autres types de chaudières multitubulaires où la surface libre du liquide se trouve dans le réservoir supérieur et où la vapeur est dirigée vers ce réservoir à la sortie de chaque tube sans parcourir les autres, la circulation n'est plus aidée autant par le dégagement de la vapeur, lequel d'ailleurs est plus ou moins assuré suivant les types ; les systèmes sont alors combinés de façon que, dans le circuit complet constitué par le réservoir supérieur, le faisceau tubulaire et les collecteurs qui les réunissent, l'action de la chaleur entraîne nécessairement un mouvement général de circulation du liquide dans un sens déterminé ; l'inclinaison des tubes aide aussi la circulation.

Dans cette seconde classe de chaudières, la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe ne doit pas dépasser 12 à 15 *kg* par heure ; ces chiffres n'ont pas été dépassés dans les essais, à ma connaissance, faits en marche normale.

C'est à l'insuffisance de circulation qu'il faut surtout attribuer l'usure rapide de tubes surchauffeurs dont la rupture a entraîné, dans trois accidents, trois morts et trois blessés ; ces tubes appartiennent à un type de chaudière sans réservoir de vapeur et constituée par deux lames d'eau parallélépipédiques à l'avant et à l'arrière, reliés par un faisceau tubulaire, lequel ne contient de l'eau que sur les 2/3 environ de sa hauteur ; les tubes supérieurs, non intéressés à la circulation, et chauffés par des gaz encore trop chauds, s'oxydent très rapidement.

Il me reste maintenant à comparer les accidents des chaudières multitubulaires avec ceux des chaudières à grand volume d'eau.

Tout d'abord, la proportion de coups de feu par défaut d'alimentation total ou partiel et par obstruction, soit 5 accidents sur 14, ou 36 0/0, est plus forte que celles des chaudières ordinaires,

lesquelles la statistique ne donne, de 1876 à 1888, qu'une proportion de 31 0/0, cette proportion n'ayant d'ailleurs dépassé [illegible] des chaudières multitubulaires qu'une seule année, en 1877. [illegible] s'explique assez facilement, en raison de la réduction du [illegible] de l'eau contenue dans les générateurs à petits éléments. [illegible] point de vue de leurs conséquences, les 14 accidents survenus à des chaudières multitubulaires dans la période de 1876 à [illegible] ont entraîné 22 victimes, dont 8 morts, chiffres inférieurs à [illegible] des autres chaudières dans la même période, lesquelles ont [illegible] par 100 accidents, 211 victimes, dont 105 morts, soit à peu [illegible] 1 tué et 1 blessé par accident. Ces conséquences moindres [illegible] par l'absence d'effets dynamiques et par l'écoulement [illegible] d'un volume d'eau beaucoup plus faible.

[illegible] point de vue, il y a lieu de remarquer que si, théoriquement, l'addition de grands réservoirs partiellement remplis d'eau [illegible] au principe même des chaudières à petits éléments, [illegible] la rupture de ces réservoirs est peu probable, car [illegible] sont généralement pas soumis aux détériorations habituelles [illegible] chaudières; sous ce rapport, il faut relever comme défectueuse [illegible] qui consiste à faire lécher par le gaz la partie inférieure de ces réservoirs, car elle augmente leurs chances d'avaries.

[illegible] sont les diverses remarques qu'entraîne, au point de vue [illegible] sécurité, l'extension des chaudières multitubulaires; l'expérience peu à peu viendra compléter et peut-être modifier ces [illegible]. Malheureusement, la statistique des accidents de 1889, [illegible] encore publiée, ne fera tout d'abord que les accentuer; ainsi, [illegible] du département de la Seine, la plus intéressante d'ailleurs, [illegible] au développement que les chaudières multitubulaires [illegible] prendre dans Paris, comporte à elle seule, sur 8 accidents, [illegible] survenus dans des générateurs à petits éléments et ayant fait 3 victimes (2 tués et 1 blessé); les 3 autres accidents ont été produits [illegible] récipients (1 tué) et par une chaudière à grand volume, [illegible] coup de feu s'est ouvert par manque d'eau sans aucun [illegible] dynamique.

[illegible] 5 accidents ont eu chacun pour cause : un manque d'eau [illegible] alimentation intempestive, une fausse manœuvre dans la [illegible] (1 blessé), une obstruction d'un tube par des dépôts [illegible] (1 tué), deux obstructions provenant de l'emploi de désincrustants solides et volumineux, écorce de chêne (1 tué), et pommes [illegible]

Ces accidents confirment donc nos conclusions précédentes : ils montrent les obstructions de tubes comme une de leurs causes les plus fréquentes ; ils montrent aussi qu'il faut proscrire, d'une façon absolue, l'usage de désincrustants solides et volumineux.

En résumé, d'après les faits constatés jusqu'ici, les chaudières multitubulaires ont produit proportionnellement, depuis leur introduction dans l'industrie, plus d'accidents que les autres chaudières ; ces accidents n'ont jamais entraîné d'effets dynamiques ayant le caractère d'explosion ; ils ont frappé individuellement moins de victimes ; ces victimes n'ont toujours été que des préposés à la conduite des appareils.

L'expérience acquise montre que, pour diminuer à l'avenir le nombre des accidents, il faudra surtout observer les précautions suivantes :

La résistance du type de chaudière adopté devra être bien assurée ; de même pour la circulation ;

Les appareils de sûreté réglementaires et ceux particuliers aux générateurs devront être constamment en bon état et en fonctionnement permanent ; de même pour les appareils d'alimentation ;

Les nettoyages devront être faits fréquemment et dans toutes les parties des appareils ;

Les portes des boites à tubes et du foyer seront tenues fermées et bien loquetées ;

Les chambres de chauffe auront une largeur suffisante, et des moyens de retraite facile seront assurés aux chauffeurs et mécaniciens ;

Les feux ne devront pas être trop forcés ;

L'usage des désincrustants solides et volumineux devra être proscrit d'une façon absolue ;

Les préposés à la conduite des appareils devront présenter une plus grande instruction professionnelle.

ASSOCIATIONS DE PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR.

Au point de vue de la sécurité, l'Exposition a également mis en relief les progrès réalisés par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, qui ont exposé collectivement, et plus complètement encore qu'en 1878, des défauts de chaudières et des pièces provenant d'accidents et d'explosions.

Ces défauts, trouvés par les agents des Associations au cours des visites intérieures qu'ils font journellement aux chaudières, con-

ent un terrible enseignement qui en disait plus que tous les … possibles ; vus et réparés ainsi à temps, ils ne restaient … des causes d'accidents. De telles visites doivent donc rassu… pleinement l'industrie, quand elle emploie des chaudières à … volume d'eau, et qu'elle reste ainsi sous le coup des explo…

Les maladies des chaudières avaient déjà été présentées et … méthodiquement par M. Cornut, Ingénieur en chef de … ciation du Nord, dans son remarquable catalogue de l'Expo… de 1878 ; ce travail a été continué par le catalogue de l'Ex… … de 1889 ; ces ouvrages renferment des dessins fort inté…ressants qui montrent très nettement la détérioration des appareils … Dans une note que j'ai présentée l'an dernier au Con… … les Accidents du travail, sur les Associations de propriétaires … à vapeur, j'ai fait ressortir ces principaux défauts ; je … bornerai à vous en donner la nomenclature :

… tôles et tôles pailleuses se dédoublant sous l'action du feu et … la partie extérieure, non rafraîchie par l'eau, se surchauffe et … :

… entes aux rivures, en pleine tôle, à la courbure des pièces … et aux fers d'angle, provenant de dilatations inégales, … échauffés, et flexions alternatives, etc. ;

… rosions extérieures, atteignant indifféremment toutes les … des chaudières, visibles ou invisibles, produites par des … … par l'humidité du sol et par les produits de la … on ;

… rosions intérieures, par pustules ou par surfaces plus grandes … par des eaux acides, l'air dissous dans l'eau, etc. ;

… provenant de surchauffes produites surtout par des dé… incrustants, etc. ;

Sans entrer dans les détails complets du fonctionnement des … ations de propriétaires d'appareils à vapeur, je crois devoir … que ces Associations, ainsi que leur nom l'indique, sont … groupements, par régions, d'industriels qui, moyennant une … tion annuelle, proportionnée au nombre de leurs chaudières, … ennent un personnel d'ingénieurs spéciaux et d'inspecteurs, … le devoir est de surveiller les appareils des associés et de … au courant de tout ce qui intéresse la production et … ploi de la vapeur.

… associations sont en France au nombre de onze ; il en existe … ment en Europe.

Le tableau suivant fait connaître les renseignements essentiels aux onze Associations françaises, au 1er mai 1889.

DÉSIGNATION DES ASSOCIATIONS	DATE DE LA FONDATION	NOMBRE DE MEMBRES	NOMBRE DE CHAUDIÈRES
Association du Nord de la France, à Lille . . .	1873	750	3 021
— alsacienne, à Mulhouse	1867	668	2 729
— lyonnaise, à Lyon	1876	420	1 512
— parisienne, à Paris	1874	391	1 105
— de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, à Amiens	1874	305	1 075
— normande, à Rouen	1874	222	710
— de l'Ouest, à Nantes	1878	215	613
— du Sud-Est, à Marseille	1885	80	511
— du Nord-Est, à Reims	1881	153	510
— du Sud-Ouest, à Bordeaux	1879	102	340
— méridionale, à Montpellier	1885	76	146

L'Association du Nord de la France a été reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du 11 novembre 1879; celle de Lyon l'a été également par décret du 3 mai 1886, et celle de Paris, par décret du 18 juin 1888.

Pour atteindre leur but de sécurité, les Associations garantissent à leurs membres, à titre de service ordinaire, des inspections faites périodiquement aux appareils à vapeur, et qui sont de deux sortes : les visites extérieures, en marche, et les visites intérieures, après arrêt et nettoyage.

Tout le monde reconnait aujourd'hui que de pareilles visites, souvent répétées, sont indispensables pour qu'on puisse avoir quelque garantie dans l'emploi d'un appareil à vapeur.

Mais pour que ces visites puissent donner tout le résultat qu'on peut en attendre, il faut qu'elles soient faites dans des conditions que les Associations ont précisément pour but de réaliser.

Dans la visite extérieure, qui doit être faite à l'improviste, les ingénieurs ou inspecteurs vérifient, pendant que les chaudières sont en marche, l'existence, l'état et l'entretien des appareils de sûreté, ainsi que l'état et l'entretien des parties visibles de la chaudière, notamment en ce qui concerne les fuites.

Ils surveillent attentivement la tenue et le travail des chauffeurs; ils leur donnent des conseils, et leur montrent rapidement

ment doivent se faire les différentes manœuvres de charge- .t et de nettoyage des feux.

.. visites extérieures sont utiles, les visites intérieures com- -s sont absolument indispensables, et elles constituent la .. la plus importante du service des Associations; c'est grâce .s, en effet, que la sécurité est véritablement assurée aux ..taires d'appareils à vapeur.

.. visites sont faites, au moins une fois par an, sur la demande .ndustriels, quand leurs générateurs sont arrêtés et complè- .t nettoyés; elles consistent en une inspection minutieuse ..s les parties de la chaudière, tant à l'intérieur qu'à l'ex- .r, faite par des hommes rompus à ce genre de travail.

.. permettent donc de découvrir tous les défauts que peuvent ..ter les tôles et rivures, et d'avertir le propriétaire avant ..s défauts aient acquis un caractère de gravité suffisant pour . danger soit imminent.

.s visites sont consignées sur un rapport qui indique l'état de .udière, les réparations à faire, s'il y a lieu, ou la constata- .. son bon fonctionnement.

..tte constatation peut être la sauvegarde de l'industriel, en .'accident; elle a, certainement, devant la justice, un poids .re à atténuer d'une façon sérieuse la responsabilité des pa- .s, car l'industriel dont les générateurs de vapeur sont soumis . surveillance d'une Association autorisée, est présumé avoir . les précautions de sécurité nécessaires, et sa responsabilité .. au point de vue correctionnel s'en trouve diminuée d'autant.

.ut-être quelques propriétaires d'appareils à vapeur diront-ils .près tout, les explosions sont rares : rares, oui sans doute, si .consent à appeler rares des accidents dont la moyenne an- ..e représente, pour la France, 30 à 40 morts et autant de ..s; mais, quand on constate d'après les causes des accidents, ..es officiellement, que la moitié environ de ces accidents ..t pu être évitée par des visites intérieures faites régulière- . et avec toute la compétence voulue, il faut reconnaître que . Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, dont le ..ipal service est précisément de faire ces visites, constituent . vrai progrès dans l'œuvre de la sécurité publique.

..ailleurs, sous le côté industriel, les visites des Associations .. seul moyen d'assurer le fonctionnement régulier et l'en- .n rationnel des chaudières, car un défaut étant trouvé à sa .sance, on pourra en rechercher les causes et les arrêter sans

attendre qu'il ait pris des proportions entraînant une réparation importante qui peut créer un chômage au moment inopportun.

Sous ce dernier côté, il est utile de faire ressortir que la sécurité dont jouissent les membres des Associations n'est pas achetée au prix de nombreuses réparations; les causes des détériorations sont comme des maladies que des soins appropriés préviennent ou guérissent, et, par suite, une surveillance convenable rend les réparations inutiles, par le fait que les détériorations ne se produisent pas.

Les résultats obtenus par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont vivement frappé l'Administration, qui a reconnu combien les visites intérieures, telles qu'elles sont faites par les agents des Associations, pouvaient lui venir en aide dans l'œuvre de la sécurité publique; aussi s'est-elle décidée à encourager ces institutions et à leur demander leur concours.

Tout d'abord, prenant acte de la possibilité dans laquelle se trouvaient les industriels de faire visiter intérieurement leurs chaudières à vapeur, l'administration ne s'est pas bornée à faire de ces visites une simple recommandation, mais bien une *obligation*, comme il est dit en l'article 36 du décret de 1880 (1).

Cette obligation est rigoureusement exécutoire, au même titre que tous les autres articles du décret, et il y a contravention si les visites ne sont pas effectuées et avec une fréquence suffisante.

De plus, comme l'Administration ne possède, pour s'assurer de de l'état d'une chaudière, que le recours à l'épreuve dans les cas prévus par l'article 3 du décret, à savoir : nouvelle installation d'une chaudière ayant déjà servi, réparation notable, remise en service après chômage prolongé, suspicion de la solidité de l'appareil, et comme l'épreuve ne suffit pas, ainsi qu'il est dit en la circulaire ministérielle du 21 juillet 1880, pour donner toute garantie, et que rien ne peut suppléer aux visites complètes des tôles et de leurs assemblages, à l'intérieur et à l'extérieur, l'Administration a introduit dans cet article 3 l'autorisation de ne pas procéder au renouvellement de l'épreuve, lorsque les résultats de la visite intérieure établissent d'une manière positive que l'appareil est en bon état.

(1) Ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service.

A cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochés pour constater l'état des appareils et assurer l'exécution, en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires.

... comme cet article 3 prescrit qu'en aucun cas, l'intervalle ... deux épreuves consécutives n'est supérieur à dix années, et ... aussi, d'après l'article 4, toutes les parties de la chaudière ... pouvoir être visitées, pendant le maintien de la pression ..., ce qui entraîne forcement l'enlèvement des enveloppes ... démolition des maçonneries, travail long et coûteux, l'Admi... a accepté à titre de tolérance, ainsi qu'il est dit en la cir... ministérielle du 23 août 1887, qu'un agent d'Association ... les carreaux pendant l'épreuve et évite ainsi, autant que ..., une démolition complète de la maçonnerie.

Progrès réalisés dans la construction des chaudières

L'Exposition de 1889 a montré aussi les progrès très importants ... dans la construction des chaudières par la substitution des ... d'acier extra-doux aux tôles de fer.

... question a été très amplement traitée au sein de la Société, ... de la discussion du mémoire de notre Vice-Président, M. Pé..., sur les accidents aux tôles de coup de feu des chaudières ; ... m'y arrêterai pas et je me bornerai à vous signaler les condi... suivantes qui doivent donner toute sécurité et que les pro... de la métallurgie et de la construction permettent de réaliser ...

... tôles d'acier seront livrées au constructeur après avoir subi, ... le fabricant, un recuit total après laminage et cisaillage.

Le bulletin de livraison des tôles portera devant chaque tôle le ... de la coulée et la composition chimique de la coulée.

Toutes les tôles sans exception seront commandées par le ...structeur 10 *cm* plus longues sur le travers, de manière ... puisse prélever au moins sur chaque tôle deux éprouvettes ... traction et une éprouvette pour le pliage après trempe.

Aux essais à la traction, chaque tôle d'acier devra remplir les ... suivantes :

Essais sur les tôles au naturel après recuit chez le fabricant :

1° Résistance à la rupture maxima : 40 *kg* par millimètre carré ;

2° Allongement 0/0 sur 200 *mm* à la rupture minima : 30 0/0.

Essais sur les tôles, les éprouvettes ayant été trempées dans ... à 28° après avoir été portées au rouge cerise :

1° Résistance à la rupture maxima : 47 *kg* par millimètre carré,

2° Allongement 0/0 sur 200 *mm* à la rupture minima : 18 0/0.

Les essais de pliage se feront sur des morceaux de tôle de

20 *cm* de longueur et 4 *cm* de largeur; après avoir été trempés comme il est dit ci-dessus, ils devront pouvoir être repliés en deux, bord à bord, sans que sur le dos et les côtés latéraux paraisse aucune crique ou gerçure.

Toute tôle qui ne remplirait pas ces conditions serait refusée.

Pour la construction proprement dite, le constructeur devra, sous sa responsabilité, exécuter les prescriptions suivantes :

Tous les trous de rivets pourront être poinçonnés sur tôle plate à 6 *mm* de moins que le diamètre définitif.

Les tôles seront envirolées et les 6 *mm* restant, enlevés à la mèche américaine, travaillant en une seule fois sur les deux tôles correspondantes.

Tous les trous de rivets sur les communications, sur les bouilleurs et le corps cylindrique seront percés à la mèche; le bédane est absolument prohibé.

Les chauffes partielles, faites sur les tôles du corps cylindrique, pour faire coller les bords des communications sont prohibées.

Toutes les rivures longitudinales et transversales seront à double clouure et en quinconce, sauf les attaches des plaques tubulaires, des communications, du dôme, des têtes de bouilleurs et des piètements Les rivets seront de fer fin de qualité supérieure. Les tôles seront parfaitement chanfreinées et seront mattées en dedans et en dehors. Les trous de rivets des bouchons en fonte des bouilleurs et du dôme seront percés au foret et non venus de fonte.

Les trous d'hommes des bouchons de bouilleurs, du dôme et les portes seront tournés pour que les joints soient parfaits.

Cet ensemble de prescriptions ne peut qu'assurer la solidité et la résistance des appareils à vapeur.

Épuration préalable des eaux d'alimentation.

Je tiens, en terminant, à vous signaler un autre progrès qui a aussi son intérêt : c'est l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Pour supprimer ou tout au moins diminuer les incrustations et les dépôts boueux à l'intérieur des chaudières, il était en effet beaucoup plus rationnel d'y introduire de l'eau exempte de sels calcaires que de chercher par des réactifs ou autres moyens à transformer à l'intérieur même les incrustations en boues, lors

.. que ces boues seraient recueillies intérieurement ou ex-
..es au dehors.

. est vrai que la grande élévation de température que subit
.. à son entrée dans les chaudières tend à précipiter les carbo-
. de chaux et que le traitement intérieur serait de ce chef
. cher que le traitement préalable à froid.

.. procédé d'épuration préalable le plus simple est l'emploi de
. suffisamment grands dans lesquels on ajoute à l'eau les réac-
. ..lus et on on la laisse ensuite se décanter avant son emploi.
M. . ce procédé est très lent et n'est plus possible quand la
. ..té d'eau à épurer devient importante; on peut alors le per-
..aner par des filtres; mais ceux-ci demandent à être bien
.. ..es pour en assurer en temps le renouvellement.

... alors qu'on a imaginé les appareils devant marcher cons-
..nt; ces appareils se composent, en principe, de cuves spé-
. dans lesquelles on prépare la dissolution de réactifs voulus,
..nuellement, soit automatiquement, puis d'un appareil de
..ation dont les dispositions sont très variées.

.. à épurer et la dissolution de réactifs arrivent dans l'épu-
. proprement dit en proportion déterminée; la précipitation
... calcaires se produit et leur séparation est réalisée dans
..! de décantation.

.. appareils d'épuration préalable, une fois mis au point,
..dent néanmoins une surveillance continue; le réglage des
... d'eau et de réactifs doit toujours être vérifié; enfin, ces
..ls ne s'appliquent guère pour les petites installations.

.. ..ration préalable continue était représentée jusqu'ici par
..reil Gaillet et Huet; l'Exposition a montré aussi les appareils
..son, Dervaux, Desrumeaux.

.. sont les lignes générales sur lesquelles j'ai cru devoir
.. votre attention en ce qui concerne les derniers progrès
.. dans l'application des chaudières à vapeur.

III

FOYERS ET UTILISATION DES COMBUSTIBLES

PAR

M. P. REGNARD

Nous nous proposons de suivre dans cette étude l'ordre adopté par notre éminent collègue M. Périssé, dont vous venez d'entendre l'important travail, et, laissant de côté les chaudières de locomotives et de locomobiles, nous nous occuperons seulement des chaudières fixes, en décrivant les particularités relatives aux foyers pour les cinq catégories suivantes :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires.
2° Chaudières à foyer intérieur.
3° Chaudières tubulaires proprement dites.
4° Chaudières à gros bouilleurs.
5° Chaudières diverses.

Diverses causes, entre autres la tendance générale vers l'augmentation de la pression de la vapeur, conséquence logique du fonctionnement compound, nous semblent avoir eu pour résultat un développement très notable des chaudières de la première catégorie, des multitubulaires, représentées par un nombre relativement considérable de types à l'Exposition.

Nous avions été frappé, dès 1876, lors de notre voyage en Amérique, de la fréquence de leur emploi dans ce pays, où on ne craignait pas d'employer la fonte à la construction de leurs éléments tubulaires, affectant quelquefois une apparence de chapelet par

lement d'une série de renflements sphériques, et nous inclinons à penser que ce type de chaudières ira se généralisant de plus en plus, avec tubes en fer, bien entendu.

Le peu d'emplacement qu'elles occupent, pour une surface de chauffe donnée, leur sécurité relative, résultant de la petite dimension de leurs éléments et de leur moindre volume d'eau et de vapeur, sont des avantages importants dans bien des cas. Leur volant de chaleur est, par contre, moins considérable que celui des autres chaudières, et notamment des anciens types à bouilleurs, ce qui exige une plus grande attention pour leur conduite. Il ne semble pas que cette attention ait également porté sur les desiderata d'un chauffage méthodique et régulier, et nous avons été maintes fois choqué de l'épouvantable fumée vomie par le grand nombre des cheminées de l'Exposition, tant sur la quai que du côté de l'École Militaire.

Sous le rapport de la fumivorité, nous croyons pouvoir dire que les progrès ont été nuls ou presque nuls, par rapport à l'Exposition de 1878, et nous ne croyons avoir à faire qu'un bien petit nombre d'exceptions à cette critique générale.

Les combustibles se présentent sous des formes et des qualités variées, appelant des dispositions de foyers spéciales.

De façon spéciale, nous pourrions envisager les combustibles à l'état solide, liquide, gazeux.

Le privilège d'employer le gaz naturel appartient jusqu'ici presque exclusivement aux États-Unis. Peu développé en 1876 époque à laquelle il nous a pourtant déjà été donné de voir à Pittsburgh des fours à puddler, à réchauffer et des chaudières chauffant exclusivement au gaz naturel), cet emploi a pris dans ces dernières années une grande importance, bien que l'Exposition n'en ait rien montré à ce point de vue. C'est, à notre avis, le moyen idéal que de brûler le combustible gazeux et il nous paraît regrettable de ne pas constater une tendance plus marquée à le faire, avec le gaz artificiel du moins chez nous, à défaut de gaz naturel. Les tentatives déjà anciennes de notre collègue M. Ponsard, qui datent de plus de quinze ans, celles de notre regretté ancien président Muller avaient cependant fourni des résultats pleins de promesses, mais, sauf dans les hauts-fourneaux où la source gazeuse de gaz équivaut presque en richesse et en puissance, pour les forges qui les possèdent, à celle des puits de Pensylvanie, nous ne voyons pas que l'usage du combustible à l'état gazeux se soit beaucoup généralisé.

Le combustible liquide, naphte ou pétrole, est encore réservé à la Russie et aux États-Unis. Son prix chez nous en rendrait l'usage onéreux, malgré ses avantages importants à bien des points de vue, avantages qui en feront peut-être le combustible nécessaire des torpilleurs par exemple, et de la marine à vapeur de plaisance. La Classe 65 renfermait une intéressante chaudière à combustible liquide avec pulvérisateur système d'Allest.

Quant au combustible solide, houille grasse ou maigre, briquettes ou coke, c'est lui que nous trouvons employé partout à l'Exposition, mais toujours ou presque toujours sur des grilles ordinaires, et presque toujours aussi fort mal brûlé, les plus grands progrès nous semblant avoir été faits pour les combustibles les plus pauvres. Du procédé si ingénieux imaginé par Crampton, et consistant à brûler la houille en poussière dans une insufflation d'air, nous ne retrouvons aucune trace, bien qu'il y eût dans cette invention un moyen avantageux, à notre avis, de bien brûler les charbons riches et d'en tirer le maximum d'utilisation, en proportionnant d'une façon presque mathématique la quantité d'air lancée dans le foyer à la quantité de charbon livrée dans le même temps, ce qui donnait à ce procédé quelque ressemblance dans son fonctionnement avec l'emploi du combustible gazeux ou liquide. La complication inséparable de son emploi l'a sans doute empêché de se propager.

Avec le combustible ordinaire, on est sans cesse entre deux inconvénients : ou l'air admis est insuffisant, et la combustion est incomplète et la fumée abondante ; ou l'air est en excès, et on envoie alors dans la cheminée une quantité importante de calories ayant chauffé en pure perte cet air excédant à la température d'évacuation des produits de la combustion. Généralement on jouit de l'alternance des deux inconvénients, et rares sont les chauffeurs assez attentifs pour régler constamment l'arrivée d'air sur le foyer selon les périodes, continuellement changeantes, qui résultent des conditions mêmes du chargement ordinaire. Aussi croyons-nous devoir louer sans réserve les dispositions qui assurent un chargement continu de combustible, comme le système de notre collègue M. Godillot.

Sous le bénéfice de ces observations très sommaires, nous allons passer à la description succincte des foyers de la plupart des chaudières dont vous a entretenus tout à l'heure notre collègue M. Périssé, en suivant l'ordre méthodique adopté par lui, et que j'ai rappelé au début de cette note.

1 CHAUDIÈRES A PETITS TUBES BOUILLEURS, DITES MULTITUBULAIRES.

Chaudières Belleville. — La grille du dernier modèle de ces chau-
..., représentées à l'Exposition par de nombreux spécimens,
... en fer dit à couteau, par barreaux assemblés; le foyer
...toure de briques; sa longueur est très grande, sensible-
... égale à la longueur du faisceau tubulaire; la couche de
...ustible y est entretenue à une épaisseur de 10 à 12cm, et un
...sitif spécial est destiné à parer à tout ralentissement dans la
...tion de vapeur. C'est un registre-valve qui est ouvert par
... régulateur automatique, activant l'afflux de l'air si la pression
... à diminuer. L'effet en est bon, pourvu que le chauffeur ne
... manquer sa grille de charbon en aucun point, ce qui néces-
... vu la grande dimension de cette grille, un soin soutenu de la
... du chauffeur.

Chaudières de Naeyer. — L'Exposition de 1889 comptait sept
...rateurs de ce système, savoir: une de 200 chevaux pour le
...ais de l'Électricité et une batterie de six chaudières repré-
...ant ensemble une puissance de 2000 chevaux dans la cour
... aux chaudières, avenue de Lamotte-Picquet; un généra-
... destiné à la démonstration, avec la moitié de la maçonnerie
...ait en outre à la Section Belge. La grille règne sur toute la
...ur du faisceau tubulaire, mais seulement sur la moitié de sa
...eur. Pour donner une meilleure utilisation du calorique on
... muni deux générateurs d'un réchauffeur, composé d'un
... au horizontal de tubes, et situé entre la chaudière propre-
... dite, dont il n'est qu'une sorte de rallonge, et la cheminée.

Chaudières Babcox et Wilcox. — Une installation de ces chau-
... était située dans la classe de la force motrice, une autre sur
... de la Seine, où elle fournissait la vapeur aux machines
... vaient l'eau pour le service de l'Exposition.

...mme dans la chaudière de Naeyer, le foyer occupe toute la
...ur du faisceau tubulaire, et une portion de sa longueur va-
... de 1/3 à 1/2.

Les gaz brûlés sont chicanés dans le sens vertical par des pièces
...taires supportées par les divers étages de tubes, l'ensemble

de ces pièces formant deux cloisons verticales, inégalement espacées de l'avant et de l'arrière du foyer, en vue de réaliser une section qui décroît avec la température, et par suite avec le volume occupé par les gaz de la combustion. Cette disposition, qui a pour effet de renverser la flamme, nous paraît à recommander.

Comme aux chaudières de Naeyer, un faisceau tubulaire séparé, appelé *économiser*, servait à dépouiller plus complètement de leur chaleur les gaz allant à la cheminée.

Chaudière Root. — Cet appareil était exposé par MM. Conrad Knap et Cie, de Londres, et fonctionnait dans la cour de la force motrice, à côté des précédentes.

La maçonnerie peut être faite entièrement après le montage complet de la chaudière, dont elle est indépendante ; la circulation des gaz de la combustion s'effectue en chicanes horizontales par l'interposition sur la troisième et sur la quatrième rangées de tubes, de deux fortes tôles ne laissant de passage, l'une qu'à l'avant, l'autre à l'arrière aux gaz chauds. A ce système on adapte aussi en général un appareil réchauffeur d'eau d'alimentation, dont l'effet, comme du reste pour les anciennes chaudières à bouilleurs, est toujours une petite économie de combustible, d'autant plus importante que l'eau servant à l'alimentation est à plus basse température.

Chaudières Collet. — Nous trouvons plusieurs installations de ce système à l'Exposition, une dans l'usine élévatoire d'eau, fournissant la vapeur à la machine de MM. de Quillacq et Meunier, une autre dans la pile n° 3 de la Tour Eiffel, et enfin une pour le service du pavillon de la République Argentine.

Ces chaudières ont un foyer très étendu, ayant à peu près, comme ceux des chaudières Belleville, les mêmes dimensions, en longueur et en largeur, que le faisceau tubulaire.

La circulation de l'eau dans les tubes est très active, grâce à une disposition comparable à celle des tubes Field, ce qui donne une grande puissance d'évaporation, surtout aux rangées inférieures de tubes, exposés à la radiation directe du foyer.

Chaudières Roser. — Deux types de chaudières sont exposés. Dans l'un, M. Roser fait revenir les gaz chauds par un tuyau concentrique au tube bouilleur; cette disposition, adoptée avec certaines variantes par d'autres constructeurs, avait été, croyons-

proposée par un M. Tattet, il y a un certain nombre d'années, appliquée par lui à une voiture à vapeur; un dispositif très analogue avait aussi été breveté en Angleterre.

Dans l'autre type de chaudière de M. Roser, les tubes bouilleurs sont simples, et d'un diamètre de 12 *cm*..

La circulation des gaz chauds se fait comme dans les chaudières Babcock et Wilcox, mais dans le système à tubes intérieurs concentriques, le retour des gaz chauds se fait par tout le faisceau tubulaire.

La grille a une longueur un peu moindre que la moitié de celle du faisceau tubulaire. Dans le type à tubes concentriques on a jugé nécessaire de placer dans le retour de flammes un sécheur de vapeur. nous sommes très partisan de la tendance actuelle vers la surchauffe, qu'on n'aurait pu pratiquer autrefois sans crainte de brûler les garnitures des *stuffing box* et les graisses employées dans les cylindres, tandis qu'aujourd'hui les garnitures d'amiante et métalliques d'une part, et les huiles d'origine minérale de l'autre, évitent ces inconvénients. Deux chaudières Roser avaient été munies du foyer Godillot, sur lequel nous aurons à revenir.

Chaudière Charles et Babillot. — Ce générateur, exposé par la maison Morelle et Cie d'Anzin, comporte aussi des tubes concentriques, mais le tube bouilleur atteint 160 *mm* de diamètre; la grille est à peine plus courte que le faisceau tubulaire, et les gaz chauds montent entre les gros tubes (qui se superposent dans un même plan, et non plus en quinconce), pour descendre à l'arrière, revenir en avant par les tubes intérieurs, et circuler enfin autour du corps cylindrique supérieur qui forme réservoir d'eau et de vapeur, ainsi qu'autour d'un faisceau de tubes sécheurs.

Chaudière Terme et Delarbe. — Elle se compose encore d'un faisceau tubulaire, chauffé par un foyer de grande surface, à grille formée de deux cours de barreaux ordinaires, à cendrier muni de valve; deux tôles horizontales contrarient le mouvement des gaz brûlés d'une façon analogue à ce que nous avons précédemment indiqué pour la chaudière Root.

Une des chaudières de ce système était munie du foyer Hermann et Cohen, qui se charge au moyen d'une trémie située au-dessus et en avant de la grille, qui a une inclinaison de 45°, et

dont la partie inférieure est mobile pour permettre de jeter bas les mâchefers sans gêner la conduite du feu. Le foyer, à flamme renversée, nous semble très rationnel, encore que sa fumivorité dans l'installation faite à l'Exposition n'ait été que relative, si notre souvenir est exact.

Chaudière Lagosse et Bouché. — Cette chaudière, construite par MM. Le Brun, Pillé et Daydé, a deux faisceaux tubulaires superposés; la chauffe directe n'a lieu que sur la moitié antérieure des tubes; les gaz s'infléchissent ensuite pour aller chauffer la moitié postérieure.

Deux générateurs de ce type étaient munis d'un foyer Godillot, que nous retrouverons encore et employé sur une plus vaste échelle dans la suite de cette note, et qui était complété par un système d'alimentation supprimant non seulement le chauffeur, mais la vue même du charbon dans la chambre de chauffe.

Le combustible menu, arrivant d'une cour voisine par une trémie supérieure alimentée au moyen d'une chaîne à godets, descendait par des gaines dans les couloirs munis de vis conductrices qui se chargeaient de le répandre régulièrement sur la grille, de forme particulière, qui constitue le point le plus intéressant du système.

La chaudière Montupet, intéressante par son nouveau système de joint, ne nous a paru présenter aucune particularité nouvelle quant à son foyer.

Dans la chaudière Pressard, on s'est efforcé d'allonger le parcours des gaz par une cloison verticale sise vers les deux tiers de la longueur du faisceau tubulaire, lequel présente sur les précédents systèmes de chaudières multitubulaires cette particularité que les tubes sont inclinés de l'arrière vers l'avant.

Chaudière Maniguet. — Cet appareil est encore une chaudière à tubes concentriques, à retour de flammes par l'intérieur du faisceau multitubulaire, mais où chaque gros tube, que nous appellerons un bouilleur, atteint un diamètre de 210 *mm* et contient quatre tubes de retour de flamme de 65 *mm*.

Le foyer, dont la grille est légèrement inclinée vers l'arrière, occupe encore une surface presque égale à celle du faisceau tubulaire en projection horizontale ; la flamme monte verticalement, entre les rangées de gros tubes qui se superposent, au lieu de se croiser en quinconce, puis s'infléchit vers le haut, en avant de la

. ..ne ligne que forme la juxtaposition des caissons collecteurs ... forgé, traverse les groupes de petits tubes intérieurs et les ... vont joindre la cheminée.

...audière Henres (section belge). — Elle comporte un foyer à ... placé en regard du bas d'un faisceau tubulaire incliné à ... ...° sur l'horizontale. Ce foyer à étages convient bien à ... des menus, mais il nous souvient bien en avoir vu d'ana... ...s fonctionner en Alsace il y a vingt-cinq ans ; ce n'est pas ...nouveauté.

...haudière Oriolle. — Plus particulièrement destinée aux usages ...mes, aux canots à vapeur et aux torpilleurs, cette chaudière ... ...mée d'une grande quantité de petits tubes inclinés, reliant ... lames d'eau de peu d'épaisseur contenues entre des parois ... solidement entretoisées.

... gaz montent verticalement à travers ce faisceau tubulaire, ...tinuent directement leur ascension verticale à la cheminée. ... ...s la précaution de garantir contre le coup de feu les points ...tion des tubes avec les plaques, résultat obtenu tout sim...ent en posant le long des plaques des bandes de tôle mince ... posent sur la partie extrême des tubes. L'utilisation du ca...e est bonne en raison de la faible épaisseur qu'on peut don... ...x tubes et du cheminement contrarié des gaz, qui frappent ... ainsi dire successivement chaque rangée des tubes, et sont ... en lames étroites, fendues pour ainsi dire à la traversée de ... ligne de tubes.

...haudière de Dion. Bouton et Trepardoux. — C'est en quelque ... une chaudière Oriolle enroulée ; une multitude de petits ...s courts relient un bouilleur central avec une lame d'eau ...ale et annulaire. Elle est appliquée à des voitures à vapeur, ...omobiles pour produire la lumière électrique, pour les... ...s on a recherché la plus grande légèreté en conjuguant la ...amo avec un turbo-moteur et la chaudière dont nous parlons. ...semble devoir parfaitement convenir aussi pour les pompes ...iche, à vapeur, etc. Il n'y a pas de grille à proprement par... ...mais un foyer du genre de ceux employés par MM. Geneste Herscher pour brûler les menus dans leurs calorifères. Le ...bustible y descend comme dans une sorte de four coulant.

La chaudière Bordone est d'une certaine complication, com...ant des tubes verticaux, horizontaux, des réchauffeurs, etc.

La principale particularité consiste en ce que le foyer, sans aucune maçonnerie, est entouré de tous côtés par des tubes jointifs, donnant une utilisation maxima de la chaleur radiante du foyer qu'on n'a pas à craindre de brûler, en raison de la faible épaisseur relative du métal léché par les gaz chauds, et de la rapidité intense de la circulation du liquide.

Nous ne saurions passer sous silence la chaudière étudiée par notre collègue, M. Lencauchez, quoiqu'elle ne figure que par des dessins. Elle comporte un certain nombre de séries de tubes aboutissant chacune à un collecteur qui débouche dans un corps cylindrique horizontal formant collecteur général et réservoir d'eau et de vapeur.

La maçonnerie du foyer comporte une ceinture de briques creuses, dont les trous laissent passer des jets d'air au-dessus du combustible en ignition, cet air devant assurer la fumivorité ; cette disposition rappelle par son principe celle de la chaudière classique, et si longtemps en faveur de nos collègues MM. Molinos et Pronnier.

2° Chaudières a foyer intérieur.

Bien que très répandues dans l'industrie et dans la marine, ces chaudières n'étaient représentées que par un petit nombre de types, parmi les générateurs en service pour la fourniture de la vapeur à l'Exposition Universelle de 1889.

Nous citerons deux chaudières du type bien connu de nos éminents collègues Thomas et Laurens, dont une exposée par la Société centrale de construction de machines à Pantin, et l'autre par la maison Archambault et Soucaille.

Ce type si excellent est trop connu pour que je songe à vous en faire la description.

La commodité qui le caractérise, d'avoir un foyer de rechange est surtout avantageuse pour les établissements qui possèdent une batterie de chaudières de ce système, car alors aucun chômage, même partiel, n'est à craindre pour une réparation.

La Compagnie de Fives-Lille exposait un générateur également à foyer amovible, mais où les tubes se trouvent en continuation du foyer, comme dans les locomotives, au lieu d'être en retour.

Le foyer est formé de viroles à bords relevés avec de forts congés, disposition qui évite d'avoir des rivets exposés à la flamme.

... signalerons en passant les foyers de Fox dont la section ... présentait de superbes échantillons et qui nous semblent ... une certaine garantie contre la fatigue causée au métal ... des dilatations, au même titre que le mode de liai-... viroles que nous venons de citer, en même temps qu'une ... importante de résistance à l'écrasement.

... chaudière Galloway, bien connue aussi de vous tous, se ca-... par une sorte de carneau intérieur de section elliptique ... faces sont reliées par des bouilleurs coniques verticaux ... rement inclinés, disposés en quinconque. Deux foyers cir-... intérieurs envoient leurs flammes dans ce carneau com-... Les gaz chauds reviennent, au sortir de ce carneau intérieur, ... autour du corps cylindrique de la chaudière

3° Chaudières tubulaires.

... chaudières sont essentiellement celles des locomotives et ... locomobiles. Invention française, ce type a rendu à la loco-... à vapeur le plus immense et indispensable service; il ne ... probablement pas de sitôt supplanté dans cette application ... du tirage forcé active la combustion en raison même ... dépense accusée par chaque coup d'échappement. Mais ... les chaudières industrielles fixes nous croyons que le système ... multitubulaires est appelé à le supplanter complètement, et ... n'avons qu'une application importante à citer de chaudières ... de ce type, c'est la belle installation des chaudières type ... de M. Davey Paxman et Cie dans la cour intérieure de ... Le grand intérêt de cette installation, unique peut-être ... propreté qu'elle assurait à la chaufferie, et intéressante sur-... la médiocre qualité des menus qu'on y brûlait, m'amène ... parler des foyers de notre collègue M. Godillot, appliqués ... l'ensemble de cette batterie. Des vis tournant dans des ... conduits ouverts conduisent le charbon et le distribuent ... manière continue sur chaque grille. Ces vis ont une âme ... pour éviter tout bourrage ou engorgement. Il suffit de ... la vitesse de rotation de ces vis, au moyen de cônes étagés ... pour assurer la constance de la production, ce qui ... aussi une consommation de vapeur régulière, cas assez ... d'ailleurs dans bien des usines.

La grille est étagée, comme les grilles autrefois usitées pour

brûler les fines, en Alsace notamment; mais ce qui la caractérise, c'est qu'au lieu d'être plane, elle est conique, se composant d'une série de barreaux semi-circulaires superposés, et de diamètres allant en augmentant jusqu'au bas de ce foyer, assez comparable à un gazogène. Pour les premières applications, très réussies d'ailleurs de cette disposition, c'est-à-dire pour brûler de la tannée, des copeaux épuisés et humides de bois de teinture, des bagasses, etc., on ne rencontrait aucune difficulté, mais lorsque l'on voulut appliquer ce système à des houilles fines, mais de qualité passable, il fallut rafraîchir les grilles pour éviter leur destruction rapide d'une part, et aussi l'adhérence des mâchefers qui rendait les décrassages extrêmement difficiles. M. Godillot y est parvenu en réalisant une circulation d'eau capable de maintenir les barreaux à une basse température. Chaque barreau porte une nervure verticale lui servant de support et plongeant dans une gouttière semi-circulaire pleine d'eau. L'eau, amenée dans le petit cercle du haut, se déverse dans celui immédiatement au-dessous, qui se déverse dans le suivant, et ainsi de suite, formant en petit une véritable cascade; il suffit dès lors de régler l'afflux de l'eau pour égaler ou dépasser légèrement la quantité qu'évapore le système entier de la grille, ce qui se fait le plus aisément du monde au moyen d'un robinet.

La répartition égale du combustible sur la surface conique se fait d'elle-même, les menus fragments cherchant toujours naturellement à glisser le long de la ligne de plus grande pente, comme fait le sable d'un sablier ou celui qu'on verse d'un cornet sur une table.

Au bas se trouve une partie plate de grille sur laquelle arrivent les cendres ; on les fait tomber de temps en temps dans le cendrier à l'aide d'un ringard.

Je n'oserais affirmer qu'en aucun cas, avec aucun combustible ce foyer ne donnera de fumée, mais de tous ceux en feu pendant l'Exposition c'est celui, si mes souvenirs sont exacts, dont la fumivorité était de beaucoup la plus satisfaisante et ce résultat doit être attribué, très certainement, à la régularité et surtout à la continuité du chargement automatique.

4° Chaudières a gros bouilleurs.

?·..s chaudières seulement sont à citer dans cette catégorie qui [illegible] longtemps a comporté le plus grand nombre des chau-[illegible] d'usine, et qui notamment en Alsace et dans le Nord a été [illegible] temps justement apprécié pour des qualités sérieuses; [illegible] considerable de chaleur, simplicité de construction, facilité [illegible], etc.

La chaudière semi-tubulaire de la maison Meunier et Cie, de [illegible]-Lille, se compose de deux gros bouilleurs et d'un corps [illegible]drique tubulaire, surmonté lui-même d'un autre corps cylin-[illegible] formant réservoir d'eau et de vapeur. Rien à dire au sujet [illegible] foyer, qui n'était pas construit, et sera celui d'un fourneau [illegible]naire; on a employé pour le coup de feu des tôles de 3,800 *m* [illegible] longueur, afin de reporter en arrière du premier cuissard le [illegible] joint de deux viroles. La jonction longitudinale de ces [illegible] est située à la partie supérieure et faite avec couvrejoint à [illegible]tre lignes de rivets.

La maison Fontaine, de Lille, avait une chaudière semi-tubu-[illegible] également, en fer, dans la cour réservée aux chaudières le [illegible] de l'avenue de Lamotte-Picquet.

Les produits de la combustion étaient ramenés à l'avant à tra-[illegible] le corps tubulaire, après avoir chauffé les quatre bouilleurs [illegible] de leur longueur, et envoyés ensuite dans un récupéra-[illegible] servant à chauffer l'eau d'alimentation, pour atteindre la [illegible] à une température voisine de 150°.

Aucune rivure ne se trouve exposée au coup de feu.

M. Tramaud, constructeur à Vienne (Isère), exposait une chau-[illegible] système Dulac, d'Armentières, composée de bouilleurs [illegible]posés, inclinés, reliés vers l'avant au corps de chaudière par [illegible] cuissard. La circulation des produits de la combustion est [illegible] par des murettes verticales.

5° Chaudières diverses.

N[illegible] collègue M. Dulac, dont vous vous rappelez que la chau-[illegible] a donné lieu déjà, en 1883, à un intéressant rapport présenté [illegible] Société par notre ancien président, M. Brull, expose une [illegible] en feu qui présente de nombreux sujets d'étude. Ne

devant ici m'occuper que de ce qui concerne le foyer, je louerai hautement la bonne disposition de sa grille, inclinée à 45°, et qui est alimentée de houille par une sorte de cuvette tournant autour d'un axe horizontal, permettant de charger en évitant les rentrées d'air si nuisibles dans la plupart des foyers ordinaires.

Les barreaux en fonte plongent par leur base dans des rigoles en fonte alimentées d'eau pour les empêcher de brûler et d'adhérer aux machefers. Les tubes pendentifs, d'un système particulier à M. Dulac, et qui ont extérieurement l'apparence des tubes Field, s'implantent perpendiculairement au fond inférieur bombé du corps antérieur cylindrique vertical de la chaudière, ce qui facilite l'épanouissement de la flamme entre tous ces tubes. L'air servant à la combustion s'échauffe en contournant la chemise en briques de la cuve conique du foyer.

Le décrassage s'opère par le cendrier sans interrompre la marche du feu et en évitant l'afflux d'air froid.

Les gaz de la combustion, après avoir cédé aux tubes pendentifs la plus grande partie de leurs calories, vont chauffer la portion cylindrique verticale du corps avant, puis la portion inférieure du corps cylindrique horizontal, et en dernier lieu s'infléchissent en léchant les parois du cylindre vertical postérieur, dans lequel arrive l'eau d'alimentation, réalisant ainsi le mieux possible la circulation méthodique en sens inverse de l'eau et des gaz chauds.

La chaudière de MM. Imbert frères est par eux dénommée le *Hérisson*.

Comme dans la chaudière de M. Dulac, plusieurs rangées de tubes Field rayonnent autour du corps principal, mais ici ces tubes sont perpendiculaires à la paroi cylindrique, en sorte que leur axe est horizontal, et il est permis de penser que la circulation y est moins active, puisqu'elle est fonction de la différence de poids entre une colonne d'eau et une colonne d'un mélange d'eau et de vapeur, laquelle colonne a ici une hauteur nulle ou à peu près. Le fond de la partie cylindrique n'est pas soumis à la chaleur, de crainte de brûlure au cas d'une accumulation de dépôts qui peut et doit logiquement se produire en ce point.

M. Durenne, de Courbevoie, a exposé une chaudière spéciale pour mise en pression très rapide, avec un poids réduit et une grande puissance de vaporisation.

Au lieu des tubes Field ouverts à un bout, il a mis des tubes en cuivre minces qui, partant du ciel du foyer vont, en décrivant une courbe, s'insérer vers le bas de la partie annulaire qui en-

... le foyer. Pour sécher la vapeur, que le dégagement tu-
multueux résultant de cette disposition ne peut manquer de charger
... vésiculaire, la prise s'effectue dans un manchon qui en-
... la cheminée, et constitue un sécheur ou surchauffeur de
... ar.

... le même type, M. Durenne a construit et exposé une chau-
... d'usine d'une puissance de 120 chevaux.

Enfin, viennent les générateurs Serpollet, à vaporisation ins-
tantanée qui réduisent à zéro le volume d'eau et de vapeur, et
... par là mieux qu'aucun autre système la qualification
... explosibles. Vous vous rappelez sans doute la séance dans la-
... nous fut présentée, à son début, cette curieuse chaudière,
... d'un tube de fer aplati, écrasé, n'ayant pour tout volant de
... que les calories emmagasinées dans son minime poids de
... MM. Serpollet ont été conduits à quelques modifications
... cette époque ; leurs tubes sont en cuivre, munis d'ailettes
... augmenter la surface susceptible d'absorber les calories du
... Chaque tube, de 2 *m* de développement, pèse environ 32
... *kg*, et peut produire la vapeur correspondant à une force de
... cheval. Des coups de feu ne manqueraient pas de se produire
... arrêts ; on y obvie en reliant la clef qui ferme l'arrivée d'eau
... ... du registre qui dirige les gaz.

Cette chaudière paraît susceptible de rendre des services pour
... tricycles à vapeur, des canots ou des petits moteurs domes-
... ; il reste à voir s'il sera possible d'accoupler plusieurs élé-
... pour fournir un travail de plusieurs chevaux.

En terminant cet exposé quelque peu aride, je dois exprimer
... regret, celui de ne pouvoir vous fournir sur les diverses
... chaudières que nous avons ensemble passées en revue des chiffres
... identiques relatifs à leur production par unité de surface de
... chauffe, à leur production par kilogramme de combustible, à tout
... qui permettrait en un mot de les comparer utilement, de les
... par des chiffres.

... c'est constater une grande et regrettable lacune à mon avis,
... le coup d'œil rétrospectif que nous jetons maintenant sur
... grande Exposition, disparue, que de voir qu'aucune expé-
... comparative, qu'aucun essai officiel, confié à des ingénieurs
... n'a été fait sur les chaudières et les machines à vapeur,
... instar de ce qui s'était passé, non sans intérêt et sans utilité,
... Exposition d'Anvers.

Vous vous souvenez peut-être qu'à l'occasion d'une communi-

cation de notre Vice-Président, M. Périssé, relative à des accidents de coup de feu à des chaudières à vapeur, nous avons soumis à votre examen, M. de Laharpe et moi, quelques considérations sur l'importance des efforts que peut déterminer, dans les tôles, la différence des températures entre la paroi extérieure et la paroi intérieure. Je terminais mes observations à ce sujet en exprimant le vœu que des expériences fussent faites sur cet important sujet. Je ne saurais donc passer sous silence les très remarquables et intéressantes expériences faites depuis cette époque par M. Hirsch, le savant professeur du Conservatoire des Arts et Métiers, avec la collaboration de notre sympathique collègue, M. Alfred Tresca, expériences qui ont été relatées dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* et dans le *Bulletin* de mai dernier de la Société d'Encouragement. Des chiffres très intéressants publiés dans ce travail, je désire relever seulement que si la température de la paroi externe de la tôle ne dépasse normalement que de 100 à 150° celle de l'eau dans une chaudière en bon état, cet écart de température peut aller jusqu'a plus de 300° lorsque la tôle est recouverte d'incrustations, ou qu'une autre cause, doublures dans les tôles ou présence de certains corps gras, vient s'opposer à la transmission de la chaleur. J'appelle de nouveau l'attention de nos collègues sur cette importante qnestion, et il est pour moi certain que la plupart des accidents arrivés aux chaudières chauffées à outrance, et notamment aux chaudières de torpilleurs, n'ont pas d'autre cause que les inégalités de dilatations dues à ces variations dans la température des parois. S'il n'en est pas de même dans les foyers de locomotives, cela tient surtout, à mon avis, à l'excellente circulation qu'assure leur forme spéciale, en contrebas du corps principal. Il faut remarquer aussi que cet écart de température est lié, toutes choses égales d'ailleurs, à la production de vapeur par unité de surface, et il est très intéressant de remarquer à ce sujet que, d'après les expériences de M. Hirsch, la production de vapeur en certaines parties d'une chaudière est dix fois plus grande que la production moyenne rapportée à la surface de chauffe totale.

OBSERVATIONS

EN RÉPONSE A LA COMMUNICATION DE M. E. BERT

SUR

LES TRAITÉS DE COMMERCE ET LEUR RENOUVELLEMENT

PAR

M. J. FLEURY

MESSIEURS,

Je vous demande la permission de vous soumettre les quelques observations qu'a fait naître chez moi la communication de notre collègue, M. Bert.

En débutant, M. Bert nous disait : Il ne s'agit ici ni de libre-échange, ni de protection (1). Il voudra bien me permettre de lui faire observer qu'il ne s'est pas tout à fait conformé à cette déclaration, et que dans la suite de son travail il n'a cessé d'opposer la protection au libre-échange. Ce n'est pas un reproche : il ne pouvait pas, en effet, éviter les rapprochements et les comparaisons entre les deux théories, puisque la question qu'il traitait était celle du plus ou moins de liberté qu'il conviendrait de donner à l'échange avec l'étranger, au moment de l'expiration des traités qui le réglementent aujourd'hui.

Il faut donc bien l'admettre, et M. Bert n'a pas hésité à le faire : c'est entre la protection et le libre-échange que s'agite le débat soulevé, et il s'agit de voir si l'une des deux théories en présence conduit mieux que l'autre au but, à ce but que, dans les quelques paroles si justes qu'il a prononcées en ouvrant la discussion, notre sympathique Président a si exactement précisé : accroître le bien-être de chacun, augmenter la richesse du pays (2).

(1) Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, février 1890 : *Les Traités de commerce et leur renouvellement*, par M. Émile Bert, page [illegible].

(2) Mém. Société Ingénieurs civils, février 1890, page 177.

Sur un semblable sujet, qui touche si profondément à tous les intérêts, et aux intérêts de tous, et auquel, par suite, personne ne peut demeurer indifférent, il n'est pas surprenant que les opinions les plus diverses prennent naissance dans les esprits. Les miennes sont fort différentes de celles de mon honorable collègue : me fiant à la bienveillance à laquelle vous m'avez accoutumé depuis longtemps, je m'enhardis à vous les soumettre en toute sincérité.

§ I

Ma tâche est tout d'abord facile et agréable, puisque j'ai à rendre hommage à l'historique très intéressant, très exact et très complet des traités de commerce que M. Bert a placé en tête de sa communication.

Cet historique a eu, entre autres, cet avantage de nous montrer que le tarif de douane, d'abord purement fiscal au commencement de ce siècle, n'était devenu un instrument pour ce qu'on a appelé la *protection* que depuis une époque relativement récente, et qu'à ce point de vue, tout au moins, la protection ne pouvait pas s'abriter derrière le respect qu'une longue durée aurait pu en une certaine façon lui valoir.

Parlant du traité de 1860, M. Bert l'a qualifié de traité libre-échangiste (1). Est-ce bien exact, et mérite-t-il cette qualification alors qu'il imposait encore à la plus grande partie des produits fabriqués des droits *ad valorem* de 25 à 30 0/0, convertis ensuite en droits spécifiques, calculés sur cette même base de 25 à 30 0/0 de la valeur d'alors ? Non, ce n'était pas là un traité libre-échangiste, et tout au plus, si on veut lui donner un qualificatif, devrait-on l'appeler un traité opportuniste, tandis que l'épithète de protectionniste pourrait déjà convenir aux conventions intervenues ultérieurement en 1882.

Je suis d'ailleurs assez disposé à reconnaître que le régime institué par le traité de 1860 n'a ni justifié toutes les appréhensions, ni vérifié toutes les espérances qu'il avait fait naître. Plus d'un industriel se porte fort bien encore, qui, au moment où le traité de 1860 ouvrait aux produits similaires aux siens une petite porte bâtarde, se déclarait perdu, faisait son testament et annonçait sa très prochaine liquidation. Ni l'industrie ni l'agriculture ne furent ruinées du coup : quelques usines disparurent, qui fonctionnaient

(1) Em. Bert. *Loc. cit.*, page 209.

[illegible] un matériel arriéré — depuis longtemps amorti d'ailleurs — [illegible] se trouvaient dans des conditions économiques défavorables. [illegible] il n'y eut pas de catastrophe nationale, et la production, [illegible] les industries mêmes qui, au moment, se plaignaient le plus, [illegible] de s'arrêter, prit un essor considérable (1).

[illegible] richesse publique s'est notablement accrue pendant cette [illegible]. On le constate à plus d'un trait. Les valeurs successorales [illegible]ient de 2 216 millions en 1840, atteignaient 3 526 millions [illegible], soit 59 0/0 d'augmentation : de 1860 à 1880, l'accroisse[ment] est de 80 0/0 (2). En 1888, l'évaluation des valeurs succes[sorales] était de 6 352 millions.

[illegible] dépôts dans les caisses d'épargne étaient en 1860 de 135 [milli]ons. Ils étaient de 2 493 millions en 1888 : l'encaisse de la [Banqu]e de France était de 421 millions en 1860, elle est de 2 443 [milli]ons, c'est-à-dire près de six fois plus considérable en juillet [illegible], la circulation des billets passe de 749 millions à 2,829 mil[lion]s : les dépôts dans quatre des principaux établissements de [crédi]t de Paris étaient de 82 millions en 1864, ils dépassent au[jourd]'hui le milliard. Puis enfin, l'abaissement du prix de l'argent [illegible] signe de son abondance. Or, l'escompte se tient à 3 0/0; le [papie]r de banque se négocie à 2 ou 2,1/8 0/0; l'obligation de che[min] de fer qui se vendait 315 f vaut aujourd'hui 425 f. Plus de [illegible] milliards sont placés à l'étranger à des taux qui n'atteignent [pas] toujours 4,50 0/0. Enfin, dernier et permanent symptôme de [la g]randeur des ressources, même après avoir réparé les ruines [de l]a guerre, nous supportons sans trop faiblir un ensemble de [charg]es publiques, budget de l'État, des départements, des com[mun]es, qui s'élève à plus de 4 milliards 1/2. Ce qui représente [pour] [chaque] Français de tout âge et de toute condition, une charge annuelle [de] 122 f, et si, ce qui semble plus rationnel, on la répartit sur les [illegible] travailleurs, qui sont 16,5 millions environ, cette charge de[vien]t de 273 f pour chacun, soit 0,90 f par jour. Il n'y a qu'un [mon]de riche qui puisse supporter un pareil fardeau (3).

Mais, je me hâte de le dire, il ne faut pas attribuer au seul ré[gim]e commercial inauguré en 1860 ce grand développement de [not]re fortune. Bien des événements se sont déroulés depuis 1860,

(1) [Voir] les relevés statistiques des différentes industries et du commerce dans la [France économique], par M. de Foville.

(2) De Foville, *France économique*, 2e édit., page 316 et suiv., et aussi du même au[teur] *La Fortune de la France*, page 11.

(3) [C]et ordre de considérations a été développé d'une façon très complète et très [illegible] par M. [illegible], vice-président de la Chambre syndicale des Industries diverses. [Ce] rapport a été publié dans le journal *le Rentier* (nos des 17 et 27 mars 1890).

qui ont eu sur la richesse, la prospérité, la grandeur de notre patrie, une bien autre influence que le traité de 1860. La situation actuelle, qui n'est pas mauvaise, comme nous venons de le voir, qui pourrait être encore meilleure, est la résultante de tous ces événements, dont l'influence, nous le savons, s'est exercée dans des sens souvent tout à fait divergents.

Notre production, notre commerce, ont, comme toutes les autres branches de l'activité nationale, subi les effets, tantôt bons, tantôt funestes, des guerres, des événements politiques et financiers, de l'état des récoltes, des fléaux destructeurs, comme ceux qui depuis trop longtemps semblent conjurés contre la vigne. Mais, en somme, on peut le dire, la richesse publique a, en dépit de tout, sensiblement progressé.

Cet ordre de considérations n'a certainement pas échappé à M. Bert. Toutefois, il le mentionne à peine dans le travail qu'il nous a lu. C'est qu'en effet, pour apprécier le plus ou moins haut degré de notre prospérité industrielle et commerciale, M. Bert a un criterium qui lui inspire toute confiance. Ce criterium, c'est ce qu'on appelle la *Balance du Commerce*.

§ II

La *Balance du Commerce*, c'est, vous le savez, la différence entre la valeur des exportations et des importations. Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on en tire des conclusions du genre de celles que M. Bert nous a proposées : on n'est pas non plus resté jusqu'à aujourd'hui sans contester ces conclusions, et, sur ce point, la discussion actuelle acquiert un cachet rétrospectif dont je ne suis pas responsable.

M. Bert nous dit (1) : « La prospérité de la France a été sans » cesse en grandissant tant que la balance du commerce nous a » été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numé» raire de l'étranger au lieu de lui en envoyer..... » et quelques lignes plus bas, il ajoute en insistant : « C'est une grave erreur » de soutenir qu'un pays s'enrichit d'autant plus qu'il importe » davantage, c'est, au contraire, l'excédent des exportations sur » les importations qui constitue un bénéfice pour le pays. En » effet, tous les produits, quand l'importation n'est pas remplacée

(1) Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, février 1890. *Les Traités de commerce et leur renouvellement*, par Emile Bert (p. 223).

[illegible] l'exportation, se compensent en argent ; le pays qui importe [illegible] qu'il n'exporte est, par conséquent, obligé de régler la [illegible]rence en monnaie. »

Messieurs, cela est-il bien possible ? Dans le tableau qu'il a mis [illegible] nos yeux (1) M. Bert fait ressortir les différences qui se sont [illegible], depuis 1827 jusqu'en 1889, entre les importations et les [illegible]tations. Eh bien ! totalisation faite, les importations de cette [illegible] période surpassent les exportations de près de onze mil[illegible] (2).

[illegible] milliards, c'est une somme ! Onze milliards qui, d'après [illegible], ont dû sortir de nos frontières pour aller compenser à l'é[illegible]r la faiblesse de notre exportation par rapport à notre im[illegible]tion.

[illegible], Messieurs, depuis 1789, depuis cent ans, on a monnayé [illegible] une valeur de 14 milliards (3) ! Il s'en est fondu, perdu, [illegible] quelque peu dans ces cent ans : 700 millions sont allés en [illegible]magne pour solder l'indemnité de guerre (4). Si on avait fait [illegible] nous dit M. Bert, notre stock monétaire serait donc à peine [illegible] milliards et demi, alors que les évaluations les plus raison[illegible] (5) le portent à 8 milliards environ ; alors que les caves de la [illegible] de France en contiennent près de 3 milliards.

[illegible] a encore un autre fait qui m'empêche de partager l'opinion [illegible] collègue. C'est qu'au lieu d'exporter cette grande masse [illegible] numéraire, ces onze milliards, nous avons, pendant cette même [illegible] de 1827 à 1889, importé 9 400 millions de numéraire (6). [illegible] n'est pas notre argent qui est allé à l'étranger, c'est le sien qui [illegible] venu chez nous.

Comment expliquer, concilier tous ces faits ? Messieurs, de la [illegible] la plus simple, mais tout autrement que ne l'a fait M. Bert. [illegible] veux bien admettre pour un moment — en dépit des objec[illegible] qu'on peut faire à cette assimilation — je veux bien admettre, [illegible] l'a fait M. Bert, que la France soit une sorte de grande [illegible] de commerce : elle vend, elle achète : la différence de ses [illegible]rations se règle en argent. Vend-elle plus qu'elle n'achète ? [illegible] reçoit en numéraire le solde à son crédit : est-ce le contraire ?

(1) Bert, [illegible], page 219 (voir annexe I).
(2) [illegible] 10 [illegible] millions de francs.
(3) [illegible], *France économique*, page 3[illegible].
(4) Les 5 milliards de la rançon de notre territoire ont été réglés en traites, sauf un ap[illegible] de 700 millions en or.
(5) [illegible], *Ibid.*, page 2[illegible], et la *Circulation monétaire en France* dans le *Journal* [illegible] de Statistique, de janvier 18[illegible].
(6) [illegible]. *La France économique*, page 27[illegible].

elle devient débitrice. Mais le résultat définitif, est-ce bien la statistique des douanes qui peut me le révéler ? Ce document n'est-il pas tout simplement quelque chose comme le livre de magasin de la grande maison de commerce? Tànt de marchandises entrées, tant de marchandises sorties, les unes et les autres estimées en argent, très approximativement d'ailleurs, à la valeur qu'elles ont au moment où elles franchissent, les unes dans un sens, les autres en sens contraire, le seuil du magasin. Ce livre ne nous dit pas autre chose. — C'est ailleurs qu'on verra si, en définitive, le commerçant a fait de bonnes ou de mauvaises affaires, s'il reste débiteur ou créancier. Qu'on nous montre le carnet des effets à recevoir, celui des effets à payer, qu'on nous ouvre le grand livre, les comptes courants, qu'on établisse le compte de profits et pertes, qu'on dresse le bilan, et alors nous pourrons dire si les opérations donnent un gain ou si elles se traduisent par une perte.

C'est qu'en effet, Messieurs, lorsque notre commerce vend à l'étranger, ce n'est pas au prix consigné sur la déclaration de sortie remise à la douane ; et lorsqu'il achète, ce n'est pas non plus son prix d'achat qui figure sur la déclaration d'entrée. Avec les produits qu'au moment de leur sortie de chez nous, nous estimions valoir 3 milliards et demi, nous nous en sommes procuré d'autres qui, au moment où nous les avons reçus, valaient 4 milliards 200 millions. Loin donc de déplorer la grandeur croissante de nos importations, je crois qu'il faut plutôt la considérer avec une certaine satisfaction, puisqu'elle est la révélation de notre puissance d'achat.

Et puis, il faut bien remarquer que les opérations du commerce extérieur ne se traduisent pas toujours par un échange. A certains moments, les peuples ont à solder des dettes au dehors, à tenir des engagements comme, par exemple, les prêts, les emprunts consentis à d'autres nations. C'est au moyen de l'exportation qu'on y arrive. Nous l'avons fait ; nous avons fait, nous faisons encore de grands placements à l'étranger : nous en faisons moins qu'autrefois ; mais quand la récolte intérieure du blé sera redevenue suffisante, quand les ravages du phylloxera auront été réparés, nous aurons à notre disposition les 800 millions que nous consacrons à acheter, au dehors, du blé et du vin, et, si nous n'avons pas meilleur emploi à en faire, nous redeviendrons de grands prêteurs pour les autres peuples.

Des circonstances de ce genre se sont précisément produites, dans les périodes de 1862-1867 et 1872-1876, où M. Bert nous

... avec tant de satisfaction la supériorité des exportations ... importations (1).

... la première, n'avons-nous pas eu les frais de l'expédition ... Mexique, l'emprunt mexicain, l'emprunt italien, et d'autres ... ments encore qui nous constituaient en débet? Et dans ... période de 1872 à 1876, n'avions-nous pas à liquider les ... de la guerre, l'emprunt Morgan, et par-dessus tout, la ran... notre territoire? Nous avons travaillé, incorporé notre intel... et notre peine dans les produits de notre industrie, nous avons exportés, sans les compenser par des importations, et ... nous sommes ainsi libérés. C'est un débiteur qui s'acquitte, ... pas un créancier qui encaisse.

... l'excès des exportations sur les importations n'est pas un ... indiscutable de prospérité : souvent même, il est un indice ... ouvrissement du pays exportateur.

... Inde est tenue de verser annuellement une lourde contribu... budget impérial de sa métropole; elle paie de nombreuses ... pensions à ses anciens fonctionnaires retirés en Europe; ... Europe encore, elle doit envoyer leurs revenus à un grand ... de ses plus considérables propriétaires fonciers et payer ... et de ses emprunts. Elle exporte plus qu'elle n'importe.

... Égypte, chargée d'une dette extérieure énorme, en solde les ... ages au moyen d'un grand excès d'exportation.

... landlords d'Irlande n'habitent point leurs domaines : ce ... a appelé l'absentéisme est une des nombreuses calamités ... malheureux pays, qui n'en manque guère; les exportations ... Irlande sont toujours, et de beaucoup, supérieures à ses im... tations. Il faut, en effet, faire parvenir leurs rentes aux pro... taires du sol.

... ces trois pays ne sont-ils pas de ceux où se voient le plus ces ... les fortunes qui apparaissent à M. Bert comme des indices de ... périté. Oui, d'énormes fortunes en haut, et en bas quelle plus ... misère que celle du rayot hindou, du fellah égyptien, du ... an irlandais? Le bonheur n'est certes pas là.

§ III

... nc, Messieurs, ce n'est pas en comparant en bloc les impor-

(1) ... loc. cit., page 229 — Voir aux tableaux annexes. — De 1862 à 1867 l'ex... de l'exportation sur l'importation a été de 1 400 millions. De 1872 à 1876, il a été ... millions.

tations aux exportations qu'on peut apprécier exactement le bénéfice que tire un pays de son commerce extérieur. Non, ce n'est pas avec la balance des protectionnistes qu'il faut peser la prospérité de notre commerce extérieur.

On l'appréciera mieux en entrant un peu dans le détail de ses opérations.

Si vous voulez bien jeter un coup d'œil sur les tableaux 2, 5 et 6 (1), vous constaterez tout d'abord que notre importation tend légèrement à diminuer. De 4 343 millions en 1884, elle est seulement de 4 175 millions en 1889, soit une différence de 168 millions. Notre exportation suit une marche inverse. Elle est, en 1889, de 3 609 millions, en augmentation de pres de 350 millions sur 1884; et ce qui est plus intéressant, c'est que ces différences portent presque entièrement sur le commerce des produits fabriqués. Nous en avons importé, en 1889, pour 100 millions de moins qu'en 1884; nous en exportons, par contre, pour environ 200 millions de plus en 1889 qu'en 1884. Ces constatations sont un indice de l'accroissement de notre activité industrielle. Je trouverai tout à l'heure une autre occasion de développer cet ordre de considérations. Mais, dès maintenant, nous pouvons légitimement éprouver une certaine satisfaction du résultat d'ensemble.

Cette satisfaction ne peut que s'accroitre quand on cherche les pays avec lesquels nous faisons le plus d'affaires. Ce n'est pas chez les peuples nouveaux, encore mal pourvus de moyens industriels, que vont le plus nos produits. Nous en plaçons la plus grande quantité chez nos concurrents les plus immédiats, les mieux organisés pour toute espèce de production. Notre plus gros client, c'est l'Angleterre. Nous ne lui envoyons rien moins que le quart de notre exportation, 864 millions, en 1888. Ce gros client nous est peut-être plus nécessaire que nous à lui, il faut bien le reconnaitre, car les ventes qu'à son tour il nous fait représentent à peine le neuvième de ses exportations (2). Si, ce que je ne voudrais pas voir, les rapports se tendaient, si les relations devenaient difficiles entre les deux pays, les Anglais pourraient encore, sans trop de peine, répartir sur le reste de leur clientèle la fraction de marchandises qu'ils ne vendraient plus chez nous. Faire de même nous serait moins aisé. Le $\frac{1}{4}$ de la production s'écoule moins commodément que le $\frac{1}{9}$. Je dis que l'Angleterre souffrirait moins

(1) Voir aux annexes.
(2) Voir annexe n° III.

.. d'une rupture ; mais elle en souffrirait encore. La
. , la guerre commerciale comme toute autre, réserve des
x aux deux parties.
. exemple en est là tout près de nous.
. suite de la rupture des relations entre nous et l'Italie, ce
. a vu décroître de 19 0/0 environ l'importance de ses exporta-
. les nôtres n'ont diminué que de 2,4 0/0. Nous sommes
. gagnants, comme disent quelques personnes, et par tout
. se passe, nous voyons bien que l'Italie souffre plus que
. Ne croyez pas cependant que nous n'ayons pas souffert, que
. ne souffrons pas de cet état de choses. Les huiles, les vins
. repoussés de chez nous, s'ingénient à trouver d'autres dé-
.., et nos exportateurs les rencontrent en concurrence sur
. marchés où autrefois ces produits paraissaient à peine. Plus
.ment notre cabotage dans la Méditerranée souffre de la
.ture des ports italiens ; nos industries de la quincaillerie, des
. ., se ressentent, croyez-le, de la diminution de leurs ventes
. des Alpes. Lyon, par l'habileté, la continuité d'efforts de
. ..ants, de ses industriels, était devenu le grand — mieux
la — le marché universel de la soie. Toute soie qui voulait
vendue venait s'offrir sur le marché de Lyon. Lyon était le
. .teur des prix : il avait la primeur des choix. Les soies
.. y étaient envoyées pour la presque totalité en consigna-
Depuis le régime d'exception établi en 1888, il n'en vient plus
.. faible fraction. Et le reste, soyez-en sûrs, a trouvé bon ac-
chez les concurrents étrangers de notre grande fabrique
. ..

. sont là des maux réels (1) dont il ne faut pas détourner les
. au moment où il va falloir prendre, pour l'organisation de
. rapports internationaux, des résolutions d'une haute consé-
. .

.t aussi un motif pour se rendre compte de ce qu'est notre
merce avec l'Allemagne. Nous recevons d'Allemagne environ
.. millions de marchandises; nous lui en envoyons pour 308 mil-
. Ces chiffres sont inférieurs à ceux de notre commerce avec
.t pays de la Belgique (2), comme l'Allemagne notre proche
. n. Ils ne sont pas négligeables, certainement. Ils ne sont pas

(1) Voir le rapport de M. Teisserenc de Bort, président de la commission des valeurs
. .., à M. Tirard, président du conseil.
(2) Commerce spécial avec la Belgique en 1888 :

Importations	419 millions de francs.
Exportations.	473 —

non plus écrasants, et, somme toute, ils sont de nature à rassurer sur les conséquences de cette clause 11 du traité de Francfort qui assure, à perpétuité, — la perpétuité des traités! — réciproquement à la France et à l'Allemagne le traitement de la nation la plus favorisée. Cette clause n'a pas, nous venons de le voir, tant que cela, ouvert à l'Allemagne la porte de nos marchés.

Il convient aussi de remarquer, à ce sujet, qu'un traité est un contrat synallagmatique qui oblige réciproquement les deux parties. L'Allemagne a droit en France au traitement de la nation la plus favorisée. La France a le même droit en Allemagne.

C'est peut-être là un des motifs qui rendent improbable la constitution, sur le terrain commercial, d'une autre triple alliance, comme l'autre dirigée contre nous. Ce que l'Allemagne consentirait d'avantages commerciaux à ses alliés, nous serions *ipso facto* en droit d'en jouir, en vertu de la clause susdite. C'est peut-être aussi par des traités commerciaux passés avec les jeunes États de l'Amérique du Sud que nous empêcherons le mieux toute nouvelle tentative de cette Union Panaméricaine rêvée par les producteurs des États-Unis.

§ IV

Mais, Messieurs, est-ce bien réellement de renouveler les traités de commerce que se préoccupe en ce moment une certaine opinion?

M. Bert vous l'a dit (1), l'abandon des traités de commerce est accepté à peu près unanimement. Unanimement est peut-être excessif, car beaucoup de chambres de commerce réclament la négociation de nouveaux traités. Elles y voient une garantie de la stabilité nécessaire aux entreprises industrielles. Et cette raison semble, en effet, d'importance.

Mais ce qui préoccupe, ce qui tient au cœur, ce qui surexcite les ardeurs, ce qui provoque les démarches, c'est l'établissement du tarif des douanes.

Plusieurs n'en veulent qu'un ; d'autres en veulent deux : un maximum, un minimum, et l'application de ce dernier serait précisément l'objet des conventions commerciales.

Mais qu'il s'agisse d'un ou de deux tarifs, un mouvement s'est produit avec une grande intensité, en faveur de droits fortement protecteurs.

(1) Bert, *loc. cit.* p. 238.

...culture a pris la tête du mouvement : les industries suivent, ... monde s'empresse, s'agite pour faire peser sur les produits ...ables aux siens le droit le plus lourd possible.

...vues sur l'intérêt général du pays, qui en a ? Chacun stipule ... On est, comme l'a dit M. Bert, protectionniste pour son ..., libre-echangiste pour celle des autres (1).

...tacle, nous l'avons tous les jours, en lisant les journaux, ...prenant ce qui se dit, ce qui se fait dans les couloirs des ...res, dans les bureaux du Gouvernement.

...n, n'est-ce pas un spectacle affligeant ? La dignité, l'élé... du caractère national n'ont-elles pas à souffrir de cet oubli ...and de l'intérêt général, de cette trop grande préoccupation ...térêt personnel, et n'est-ce pas le moment de rappler la ... pensée de Pascal (2) : « La pente vers soi est le commence... de tout désordre, en guerre, en police, en économie (3) ? »

...e des forces des partisans du tarif des douanes sur l'opinion, ...a phraséologie qu'ils ont réussi à introduire dans le langage ...t, et qui tend à représenter ce tarif comme une barrière ...re destinée à nous préserver des plus épouvantables fléaux. ... de l'Inde et de l'Amérique vont inonder la France, vite ...e ! Mais voici l'invasion des produits anglais, des produits ...ands, ils nous menacent, ils approchent, ils vont tout enva... braves Français, courons à la frontière ! et on songe à Water... on songe.....

...' Messieurs, de pareilles images sont-elles bien de mise ? ... bien à propos que l'on évoque ainsi les douloureux souve... des jours néfastes, et n'y a-t-il pas une sorte de profanation à ...emuer au fond de nos cœurs, pour la satisfaction d'intérêts ...ment matériels !

... surtout que toutes ces belliqueuses métaphores sont au... d'inexactitudes. Les producteurs étrangers ne nous imposent

(1) Bert, loc. cit., page 226.

(2) Pascal, édition Havet. — Pensée XXIV.

(3) Il est peut-être piquant d'apprendre d'un Américain comment les choses se passent ... à ... en semblable circonstance. Voici la description qu'il en fait. « La présentation d'un projet nouveau de tarif au Congrès donne lieu à des scènes qui ont assez bien le spectacle que présente une cage de singes dans laquelle on vient ... une banane. La proposition n'est pas plutôt faite de protéger une industrie, que ... les industries susceptibles d'être protégées se mettent à pousser des cris aigus ... se bousculer pour avoir leur part de protection. Et, en réalité, elles sont forcées ... , car être laissé en dehors du cercle des favorisés, ... être exposé à un désavantage. Le résultat en est, comme nous le voyons aux États-Unis, ... toutes les industries sont quelque peu protégées, les unes plus, les autres moins, en ... de l'argent qu'elles ont pu dépenser, et de l'influence politique dont elles dis... . » Henri George, *Protection ou Libre-échange*, page 220.) ... entendu, ce qui se passe aux États-Unis.

pas leurs marchandises. Le voudraient-ils, qu'ils ne le pourraient pas, si nous étions déterminés à ne pas les acheter. C'est nous qui allons leur demander ce qui nous manque. Ce que nous faisons venir du dehors, c'est ce qui n'a pas été produit chez nous et nous est cependant nécessaire.

Ce qui règle l'importation, c'est la production du pays où elle se fait, et non pas celle des pays d'où elle vient.

Et tout aussitôt ne voit-on pas qu'il n'est pas en notre pouvoir d'établir ce qu'on a appelé des *droits compensateurs*, d'obliger le producteur étranger à participer aux charges nationales, à supporter une partie de nos impôts. On prétend y arriver cependant en frappant d'un droit la marchandise importée : mais ce droit ne fait que s'ajouter au prix de vente de l'importateur, et retombe en définitive sur le consommateur français. En réalité, ce n'est pas contre l'étranger que la protection nous couvre et nous défend, c'est contre nous-mêmes.

Voici, par exemple, onze millions d'hectolitres de blé, c'est-à-dire le dixième de la consommation, qui, depuis quelque temps, pénètrent chaque année en France. Ces onze millions d'hectolitres de blés étrangers ne se substituent pas à égale quantité de blés français que la population laisserait méchamment se perdre pour faire pièce aux agriculteurs.

Non, le commerce ne les introduit que parce que la récolte en France est insuffisante à satisfaire le premier, le plus impérieux de tous les besoins ; et je pourrais en dire autant des 12 millions de tonnes de houille, des 159 millions de kilogs de laine, des 10 millions de kilogs de soie, et de toutes ces autres choses qui sont réclamées, demandées par les consommateurs, que les producteurs français ne leur fournissent pas, et que le commerce a alors l'inspiration d'aller prendre au dehors, pour notre plus grande satisfaction. Et alors, quand on sollicite notre patriotisme de repousser l'invasion des blés étrangers, de tous ces produits étrangers, que veut-on dire ? que prétend-on ? Veut-on dire que la population française devra régler sa consommation sur la production intérieure ? Veut-on dire qu'elle se passera — elle fera pour cela comme elle pourra — de 11 millions d'hectolitres de blé, de 12 millions de tonnes de houille, qu'elle se passera de soie, de laine, et de tant d'autres choses encore ? Est-ce cela qu'on veut dire ? Non, n'est-ce pas ? Et alors, qu'est-ce qui se cache donc sous cette alarmante métaphore de l'invasion ?

Mon Dieu ! Les choses en sont à ce point qu'on ne se gêne plus

[illegible] ne dissimule guère : les mots, les grands mots d'invasion, [illegible] d'inondation servent auprès de ce peuple aux [illegible] et généreux, à lui faire admettre la barrière douanière. [illegible] sait bien que le droit d'entrée, une fois établi par la loi, plus [illegible] accepté par l'opinion déconcertée, aura une influence [illegible] de relèvement sur les prix à l'intérieur du pays, — et ce [illegible] veut, c'est précisément ce relèvement des prix à l'intérieur, [illegible] veut, c'est vendre cher son produit (1) !

§ V

[illegible] cher ! Qu'est-ce que cela signifie ? Cela signifie qu'après [illegible] ment du droit de douane, l'acheteur devra fournir une [illegible] grande somme de travail qu'avant, pour obtenir une même [illegible] des produits nécessaires à la satisfaction de ses besoins. [illegible] travail, chaque homme n'en peut fournir qu'une quantité [illegible] : ses facultés actives sont renfermées entre des limites [illegible] ; elles s'exercent dans le temps, et au prix d'une [illegible] fatigue intellectuelle ou physique. La journée finie, la [illegible] venue, il faut s'arrêter, cesser de travailler ; et l'on peut [illegible] que le travail est une sorte de quantité constante. L'ache[illegible] ne pourra pas l'augmenter indéfiniment, et comme, d'autre [illegible], les produits contre lesquels il l'échange auront, de par le [illegible] de douane, pris une plus grande valeur, la même quantité [illegible] travail ne pourra plus procurer la même quantité de satisfac[illegible] le tarif protecteur aura réduit l'effet utile du travail, dimi[illegible] son rendement.

Mais on nie cette conséquence fatale du tarif protecteur : les [illegible] seront relevés, dit-on, mais le consommateur ne s'en aper[illegible] pas. On lui dit que l'influence de ce relèvement des prix [illegible] pas jusqu'à lui, qu'elle ira s'atténuant, se dispersant, [illegible] en quelque sorte en passant d'un producteur au son [illegible] d'un intermédiaire à l'autre. Je veux faire la part belle à [illegible] contradicteurs, et je dirai : Oui, cela pourrait quelquefois [illegible], mais dans quel cas ? Dans le cas où il s'agirait d'une mar[illegible] dont l'élaboration compliquée exigerait le concours suc-

(1) Même Discours à la Chambre des députés, dans la discussion sur le droit de [illegible] à l'entrée du blé, 6 juillet 18[illegible]. « La loi de 18[illegible] a été faite, personne ne sau[illegible] [illegible] pour relever le cours du blé. Elle n'avait pas d'autre but [illegible] Le but man[illegible] qu'on se proposait était de relever le cours du blé. » — Et plus loin, le même ora[illegible] [illegible] encore : « J'avoue très sincèrement que je me berçais de l'espoir que le cours [illegible] allait se relever. »

cessif d'un grand nombre d'industries, et dont la matière première originaire serait seule frappée d'un droit de douane. Pour arriver du minerai, ou même seulement de la fonte, à un objet de coutellerie, il faut que la matière passe de mains en mains, qu'elle reçoive un grand nombre de façons successives et coûteuses, si bien qu'à la fin, la valeur du travail incorporé à l'objet est de beaucoup supérieure à la valeur de la matière brute elle-même, et que la surélévation du prix de cette dernière devient de moins en moins sensible. Cela pourrait arriver dans ce cas très particulier: mais cela n'arrive pas, car la matière brute ne jouit pas seule du bénéfice de la protection; les produits finis qui en dérivent ont leur part: eux aussi, on a dû les protéger, et alors l'influence du droit de douane va directement au consommateur. Et si celui-ci ne s'en aperçoit pas trop encore, c'est que le commerçant de détail, sentant l'inconvénient d'augmenter ses prix, se retourne d'un autre côté, et s'arrange pour ne pas livrer tout à fait la même quantité ou la même qualité. Et, enfin, comme il s'agit souvent de dépenses quotidiennes, multiples et de faible importance chacune, le consommateur sent faiblement, à chacune de ces incessantes transactions, la petite fraction supplémentaire de son salaire ou de son revenu qui lui est ainsi enlevée, et on peut croire alors qu'on a réussi « à plumer la poule sans la faire crier ».

En réalité, cependant, le consommateur éprouve bien les effets du relèvement des prix : sa faculté de consommation en est diminuée, son travail a perdu de sa valeur, de sa fécondité, et l'ensemble des forces productives du pays voit diminuer sa puissance.

Mais l'on dit : Comment faire? nous produisons dans de moins bonnes conditions que nos concurrents étrangers, nos prix de revient sont plus élevés, et, entraînés par leur argument, les protectionnistes accusent notre sol de stérilité; la terre de France est pour eux une marâtre récalcitrante et inféconde, il faut la violenter pour lui arracher ses maigres bienfaits, tandis qu'autour de nous la nature clémente et prodigue livre sans résistance tous ses biens aux heureux habitants de ces régions plus fortunées.

Je pourrais répondre qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme de modifier les lois mystérieuses qui ont présidé à la formation de notre globe, à la distribution des climats, à la répartition des richesses naturelles; qu'à vouloir violenter le grand œuvre de la nature on s'userait, nouveaux Sisyphes, en d'incessants et d'inutiles efforts; je pourrais dire, avec le proverbe arabe : Ne tire pas

.. du caillou; et je pourrais ajouter que chacun a sa destinée
.. dans l'ordre de la production des biens, chacun ne devrait
que ce à quoi il est le mieux propre, de par son sol, son cli-
.. facultes, ses aptitudes.
.. la ce qu'on pourrait répondre et l'on serait dans l'absolue
..

Mais cette vérité, est-ce une vérité désolante pour notre pays?
..-on reellement placé par la nature dans cette condition mal-
..use de ne pouvoir rien y produire qui ne puisse être mieux
prix d'un moindre effort produit chez les peuples voisins?
S'il en était ainsi, il n'y aurait plus à discuter les conditions
.. prospérité de ce peuple infortuné! L'humanité aurait fui
.. longtemps cette terre maudite, et des bords du Rhin aux
.. de l'Océan s'étendrait, silencieux et morne, un vaste dé-
Mais, puisque notre race y a vécu, qu'elle y a une longue et
..use histoire, puisque la France est restée un objet de convoi-
puisque plus d'un peuple envie la condition de ses enfants,
.. l'on dit encore qu'elle est riche, c'est qu'elle n'est pas aussi
..ritee qu'on voudrait nous le faire croire, c'est que la nature
..al a ses efforts et que son travail porte des fruits.
.. cette affirmation, ce n'est pas l'illusion d'un patriotisme
..ue qui me l'inspire. Elle résulte de l'examen sérieux et im-
..al des faits. A quel signe, en effet, peut-on reconnaitre qu'une
..strie est rationnellement établie, qu'elle a sa raison d'être?
..gne, n'est-ce pas, qu'elle donne un benefice à ceux qui
..cent. Et le benéfice, qu'est-ce? C'est la différence entre le
.. de vente et le prix de revient.
Le prix de vente, nous, public, le connaissons-nous? Nous con-
..ons bien le prix de detail, — celui-là on n'a garde de nous
..her, — c'est nous qui le versons; mais le prix de vente en
.. celui de l'industriel au commissionnaire ou au marchand,
.. l'ignorons. Nous savons seulement qu'il est inférieur au prix
..ail. Encore moins connaissons-nous le prix de revient. C'est
.. cependant, en soutenant que leurs prix de revient ne sont
..rémunerateurs, c'est-à-dire qu'ils sont ou égaux ou superieurs
..s prix de vente, que certains industriels croient legitimer
.. revendications douanières. Mais, cette déclaration, ils n'en
.. pas la preuve. Aucun ne met sa comptabilite sous les yeux
— ne dis pas du public — mais de ceux qui ont le pouvoir
..blir les taxes de douane, et une fois de plus ils semblent, en
.., pretendre que le maître doit etre cru sur sa simple affirma-

tion. Si on nous les ouvrait, ces livres, nous y verrions peut-être qu'un industriel est plus habile qu'un autre, qu'il est plus assidu à suivre la marche de ses affaires; qu'il sait mieux acheter ses matières premières, mieux vendre ses produits finis; qu'il sait mettre à profit les découvertes incessantes que les savants, dans leur désintéressement, dans leur pur amour de la recherche, lui livrent tous les jours; que son organisation, que la répartition des forces qu'il emploie est plus judicieusement faite, et que c'est pour tous ces motifs réunis que l'un prospère, tandis que l'autre végète et s'en va à la ruine

§ VI

Mais n'insistons pas : ne cherchons pas à pénétrer des secrets qu'on veut nous cacher. Aussi bien, ce que nous pouvons connaître suffit-il à démontrer que notre pays n'est pas, au point de vue de la production, dans ces conditions d'infériorité dont se prévalent ceux qui demandent le maintien — avec aggravation — du tarif des douanes.

L'importance et la généralité de nos exportations est le grand fait auquel je fais allusion, et sur lequel je vous demande la permission de m'arrêter un instant.

Reprenons les tableaux que nous examinions tout à l'heure, et dont les éléments ont été puisés aux sources officielles (1).

Ils nous font voir que, d'une façon continue, plus de la moitié de notre exportation consiste en objets fabriqués, et que, par contre, les produits fabriqués à l'étranger qui viennent sur notre marché intérieur, représentent à peine un septième ou un huitième de notre importation totale, et un peu moins du tiers de la valeur de notre propre exportation de produits fabriqués.

En ce qui concerne seulement les produits industriels, si nous nous arrêtons aux constatations résumées dans ces tableaux, nous voyons que notre pays est résolument exportateur de tissus de toute nature, de machines, d'outils et d'ouvrages en métaux, d'ouvrages en peaux, de modes, de confections, de tabletterie, terme générique sous lequel la douane comprend tous les produits divers, et souvent si ingénieux, de cette industrie si éminemment française qu'on appelle l'industrie de l'article de Paris. Et ce n'est pas par petites quantités que procède ce mouvement de nos produits vers les marchés étrangers ; on évalue à 106 millions le sucre

(1) Voir aux pièces annexées.

[illegible]rte. L'industrie de la soie figure à la sortie pour 248 millions, [illegible] tissus de laine pour 336 millions, ceux de coton pour 114 mil[illegible]s, les machines, les outils, ensemble pour 135 millions ; l'in[illegible]strie qui met en œuvre les peaux, la confection, les modes, la [illegible]tterie réunies, près de 400 millions.

A un degré moindre, des matières déjà élaborées, mais qui ne [illegible] pas encore à l'état de produit immédiatement propre à être [illegible]somme, fournissent encore un appoint à notre exportation : tels [illegible] les filés des divers textiles, ceux de coton 3 millions, ceux de [illegible] 51 millions, ceux de lin, chanvre, jute, ensemble plus de [illegible] millions ; les peaux préparées, 108 millions ; les produits chi[illegible]s, 51 millions, et jusqu'aux produits de la métallurgie, fonte, [illegible] acier, dont l'exportation en 1889 a atteint une valeur de plus 22 millions, ce qui représente déjà près de 7 0/0 de la produc[illegible].

Toute cette masse de produits mis en valeur par notre industrie [illegible] va donc sur les marchés étrangers ; ils s'y rencontrent avec [illegible] produits similaires des autres pays producteurs, avec les pro[illegible] anglais, allemands, suisses, et les chiffres que je viens de [illegible]ter montrent bien qu'ils sont en état d'affronter sans échec toutes [illegible] concurrences.

Si donc sur ces marchés étrangers, où tous les producteurs se [illegible]contrent sur le pied d'une parfaite égalité devant les acheteurs, [illegible] ces marchés, notre industrie place une telle quantité de ses [illegible]duits, n'en faut-il pas conclure que ses prix de revient ne sont [illegible] sensiblement plus désavantageux que ceux de ses concur[illegible]?

Quels sont d'ailleurs les éléments de tout prix de revient in[illegible]striel ? Ce sont les intérêts des capitaux, les frais généraux d'ad[illegible]stration et de direction, la main-d'œuvre, la valeur de l'ou[illegible]age, le prix des matières.

Quels sont donc parmi ces éléments ceux qui nous constitueraient [illegible] infériorité vis-à-vis de nos voisins ? Le capital ? il s'obtient [illegible]jourd'hui en France, à aussi bas prix à peu près qu'en Angle[illegible]rre, au même prix qu'en Belgique et en Suisse, à meilleur prix [illegible] en Allemagne ; les frais généraux d'administration et de direc[illegible] ne diffèrent pas sensiblement d'un pays à l'autre : quant à la

[illegible] Il est absolument évident qu'il y a contradiction entre les deux termes [illegible] [illegible] et nous pouvons être exportateurs de produits [illegible] [illegible], le système [illegible] devient inutile » M. [illegible]. Procès-verbal de la séance du 15 mars [illegible] [illegible] des Ingénieurs civils — Ainsi, d'après notre honorable collègue, la [illegible] est inutile à toute industrie qui exporte : c'est ce que je dis.

main-d'œuvre, elle était autrefois un peu plus élevée en Angleterre qu'en France, un peu plus élevée en France qu'en Belgique, et surtout qu'en Allemagne. A y bien regarder d'ailleurs, les différences étaient moins accentuées quand on comparait les prix d'un district industriel d'un pays avec ceux d'un district également industriel dans le pays voisin. Mais enfin, aujourd'hui, existe-t-il encore des différences appréciables? Les événements n'ont-ils pas passé sur toutes un niveau qui les atténue sensiblement?

Sans être grand prophète, on peut prendre sur soi d'affirmer que le jour est prochain où, d'un bout à l'autre de l'Europe industrielle, les salaires seront très approximativement les mêmes. Ceci pour le prix de la main-d'œuvre. Quant à sa valeur de production, personne ne dit, je crois, que cette valeur est moindre en France qu'ailleurs. Nombre d'indices permettent même, dans bien des cas, d'affirmer qu'elle est supérieure.

Restent donc l'outillage et les matières premières. Dès aujourd'hui, les machines, les chaudières, les outils de toute sorte, sont frappés d'un droit de douane, qui n'est certes pas négligeable, puisqu'il varie de 60 à 100 *f* par 1 000 *kg*.

C'est une aggravation de 8 à 10 0/0 du prix. Coûtant plus cher, l'outillage entre pour un quantum plus considérable dans le prix de revient. Il exige, en outre, une mise de fonds plus importante; l'industriel a une tendance à le restreindre quand il en fait l'acquisition, et à hésiter à le remplacer au moment même indiqué par l'incessant progrès. A cet égard, il est vrai, nous sommes de pair avec l'Allemagne, mais les industriels belges et anglais ont sur les nôtres un réel avantage. Il en est de même pour les matières premières.

Expliquons-nous, si vous le voulez bien, sur ce dernier point.

Dans le langage qui a prévalu depuis 1860, il semble que l'on entend par *matières premières* seulement celles qui sont directement tirées du sol par les industries extractives. Mais pour devenir propres à l'usage de l'homme, ces matières doivent subir une série souvent très multiple d'élaborations qui leur sont données par des industries successives.

Il en résulte que l'expression de *matière première* doit être étendue, et que la matière première d'une industrie est le produit fini de celle qui la précède dans la série des élaborations. La laine est la matière première du fil, qui est la matière du tissu; le minerai, le combustible sont la matière première de la fonte; la fonte est la matière première du fer ou de l'acier, qui sont à leur tour la

re première d'autres industries, dont les produits passent
re souvent par d'autres mains avant de devenir l'organe défi-
f d'une machine prête à servir. Des mains de l'industrie, le
duit passe dans celles du commerce, et souvent encore il
rt de celles-ci pour subir dans plusieurs industries de détail
modifications qui le rendent définitivement propre à l'usage
l'homme.

. à un moment quelconque de ces transmissions successives
roduit d'une industrie à l'autre, le droit de douane vient en
aver le prix, toutes les industries subséquentes en éprouvent
t. Elles réclament alors une protection qu'on voudrait faire
valente à celle accordée à l'industrie qui les précède. On ne
t pas à établir cette équivalence. En tout cas, cette protec-
, quelle qu'elle soit, ne peut avoir pour celui à qui elle s'ap-
d'effet utile que sur le marché intérieur. Au dehors, elle
l'industrie considérée avec l'infériorité que lui constitue un
de revient plus élevé par suite de l'aggravation du prix de sa
re première.

: inconvénient n'existe pas en Angleterre : il existe un peu en
que ; il existe partiellement, mais déjà d'une façon fort grave,
France sous le régime inauguré par le traité de 1860. Le traité
1860 voulait que les matières premières fussent exemptes ;
s il interprétait l'expression matières premières dans le sens
t et restrictif que j'ai critiqué plus haut, et ne l'appliquait
aux produits immédiats des industries extractives — avec en-
des exceptions, telle que le droit de 1,20 f par tonne sur le
rbon. — Mais dès la première transformation subie, le produit
d'être considéré comme matière première et est l'objet
n droit de douane : tel est le cas de la fonte, du fer, de l'acier,
files de tous les textiles, etc., et alors, à leur tour, tous les
duits subséquents sont l'objet des inégales faveurs du tarif.

est la situation actuelle en France. On est heureux de cons-
r, comme nous l'avons fait tout à l'heure, que nonobstant
ravation du prix de revient qui en résulte pour les produits de-
fs, beaucoup de ceux-ci ont pu se maintenir sur les marchés
rieurs. Quelle place n'y auraient-ils pas, si cet obstacle à leur
ansion n'avait pas existé !

Mais cette situation ne suffit pas au protectionnisme et il est
tion de frapper le droit à l'origine même des élaborations, sur
atières premières immédiates, les textiles, les graines oléagi-
s, et le reste.

Ce régime, qui sera peut-être bientôt celui de l'industrie française, est dès aujourd'hui celui de l'Allemagne et des États-Unis. Dans ces deux pays, ses effets sont appréciés de même.

Voici comment, après avoir constaté le mouvement d'arrêt et même de recul du commerce extérieur de l'Allemagne, s'exprimait récemment un journal de Berlin (1) :

« Le système protectionniste ne réussit pas à arrêter les importations, mais il augmente le prix des matières premières et diminue ainsi sur le marché international la puissance de concurrence du pays où il est appliqué. Il constitue en même temps un impôt sur le consommateur. Ce système n'a profité qu'aux syndicats de producteurs et n'a eu pour résultat que la hausse de prix de toutes choses, hausse dont les ouvriers réclament aujourd'hui leur part. »

Aux États-Unis, également, vous le savez, la protection douanière s'étend à tout. Voici, quant à ses résultats, ce qu'en disait dans un document officiel il y a quatre ans, un des hommes les mieux placés pour les apprécier, M. Manning, secrétaire du Trésor, en 1886 (2) : « Les droits sur les matières premières imposent à notre industrie des frais de production aussi élevés que possible, et nous enlèvent sur le marché international les avantages propres aux États-Unis quand il s'agit d'articles fabriqués chez nous avec les produits soumis à notre tarif..... Ne pouvant placer leurs produits au dehors, nos producteurs en sont arrivés à se faire sur notre marché une concurrence des plus violentes. Les salaires souffrent cruellement de cet état de choses..... Notre politique soi-disant protectrice leur a été, en fait, absolument nuisible. Elle a sacrifié les masses à quelques milliers de privilégiés. Elle leur a refusé pendant vingt ans les fruits de la paix et de la liberté. »

Telle est donc la conséquence forcée des droits de douane sur les matières premières de toutes les industries. Ils augmentent le prix de revient et par suite, diminuent la productivité de l'industrie et la puissance de concurrence du commerce.

Cela est tellement vrai que, de toutes parts, se font entendre actuellement des protestations contre les droits sur les matières premières. Beaucoup de Chambres de commerce, très protectionnistes en ce qui concerne les produits de leurs industries, ne reculent

(1) Cité par le *Journal des Chambres de commerce*, numéro du 5 octobre 1889. — Page 309.

(2) Extrait de l'*Annual Report* pour 1886, cité par *l'Economiste français* du 12 févr. 1887.

…dant pas devant la contradiction et n'hésitent pas à déclarer … tout droit sur les matières employées par ces industries serait … ruine (1). Il est d'ailleurs superflu de faire remarquer combien … façon d'être protectionniste pour soi et libre-échangiste pour … autres enlève d'autorité à ces déclarations.

…on, Messieurs, soyons logiques, soyons justes : constatons que … prix de revient des plus importantes de nos industries n'em…bent pas leur expansion, puisque dès maintenant leur exporta… est considérable; rendons-nous compte que toute taxe qui …ve le prix des matières premières a pour effet d'augmenter le … de revient et, par suite, de diminuer la fécondité du tra…… et comprenons bien que diminuer la fécondité du travail, … rendre les produits moins accessibles au consommateur, que … aussi restreindre l'activité de l'industrie, fermer peut-être … usines, et imposer aux ouvriers le chômage et la misère; et …in rendons-nous compte que les droits actuels sont un des prin…aux obstacles à l'essor de notre production, et tâchons d'évaluer … que serait celle-ci, si, débarrassée de toute entrave, de toute …trainte, elle pouvait prendre tout l'essor que lui assignent le …ie, l'intelligence et les vertus laborieuses de notre race.

Et alors, Messieurs, nous arrivons à cette conclusion très nette : … de droits sur les matières premières, à commencer par celles … les industries extractives font sortir du sol.

§ VII

Cette conclusion, n'est-il pas vrai, paraît quelque peu aventu…se étant données les tendances de l'heure actuelle. On a fait un …bleau navrant des misères qui fondent sur l'agriculture : on est … réservé quant à la métallurgie ; mais ce tableau, reproduit, … toutes les formes, dans toutes les dimensions, on le fait …ser chaque jour sous les yeux du public qui ne laisse pas que … être impressionné.

Je pourrais avoir la curiosité légitime d'examiner si ce tableau, … ne l'a pas fait trop sombre, si on n'a pas trop chargé les cou…rs, si ces misères sont aussi grandes, aussi réelles qu'on le dit : … pourrais rechercher aussi comment ces souffrances dont on …rle sont réparties, voir qui les supporte ; mais il faut savoir se …ner. J'admets donc au moins pour le moment, et sous réserve

(1) Voir entre autres les réponses faites au questionnaire par les Chambres de commerce … Amiens, Lille, Rouen, Elbeuf, Flers, Sedan, Roubaix, Troyes.

d'examen, tout ce qu'on dit des souffrances de l'agriculture, je l'admets, avec un grand serrement de cœur, car labourage et pâturage restent encore les deux mamelles de la France, et c'est grande pitié d'apprendre qu'elles vont bientôt se tarir.

Ceci admis, un cri vient tout de suite aux lèvres : Mais le remède, il doit y avoir un remède? Et on nous répond : Oui, il y a un remède, protégez l'agriculture : le droit de douane, voilà le remède !

J'ai trop fait connaître déjà ma pensée sur le droit de douane pour ne pas examiner si c'est bien le remède dans le cas actuel. Cet examen, permettez-moi de le faire brièvement devant vous.

Les produits de l'agriculture rentrent dans les deux grandes catégories :

Objets d'alimentation ;

Matières premières de l'industrie.

En ce qui concerne ces dernières, l'agriculture est manifestement insuffisante à pourvoir aux demandes des manufactures.

On élabore à Lyon, à Saint-Étienne, près de 7 millions de kilogrammes de soie : l'agriculture en produit 800 000 *kg*.

Il faut 200 millions de kilogrammes de laine : l'agriculture en offre 55 millions.

Pour le lin, sur 100 millions de kilogrammes élaborés par l'industrie, l'apport de l'agriculture est de 32 millions de kilogrammes, le tiers à peu près.

L'importation ajoute au chanvre produit dans le pays une masse de près de 13 millions de kilogrammes ; et le coton, et le jute, le phormium et tous ces textiles que nous envoient les pays lointains, dont pas une fibre, pas un flocon ne croît sur notre sol, l'agriculture peut-elle entreprendre d'y suppléer? On introduit encore pour être travaillés, en France, près de 3 millions de cuirs, et je ne sais combien de millions de peaux d'animaux de la race ovine. Notre cheptel peut-il les donner aux tanneurs?

En dépit du droit vraiment excessif de 0,25 *f* par kilogramme qui avait pour but de repousser l'invasion du pétrole, les surfaces ensemencées en graines oléagineuses se réduisent d'année en année. Le colza couvrait 201 000 *ha* en 1860, il en occupe 60 000 en 1887 ; les graines de lin, de chanvre, d'œillette, de navette, ont subi des réductions analogues (1). Les agriculteurs trouvent à faire

(1) Voir de Foville, *la France Économique*, 2e édition, pages 131, 229, et passim. La haute critique scientifique de son auteur est un garant de l'exactitude des renseignements contenus dans cet excellent ouvrage.

... meilleur emploi de leurs terres, et ils ne voudraient certainement pas prendre l'engagement de fournir à nos savonneries l'équivalent des 180 millions de francs de graines exotiques, ...ses, arachides et autres que nous importons.

Mettre un droit à l'entrée de ces matières premières, c'est relever le prix général à l'intérieur. Au premier moment, les quelques ...ltivateurs français qui sont encore dans de bonnes conditions pour se livrer à ces cultures, trouveront tout bénéfice à cette augmentation de prix. Mais cette satisfaction sera de courte durée, car le relèvement des prix diminuera la consommation, qui ne pourra être stimulée à nouveau que par des sacrifices consentis par les producteurs. Et sans entrer dans le détail, ne voit-on pas qu'augmenter ainsi le prix de revient de nos tissus, de nos ouvrages en peaux, de nos savons, c'est restreindre au dehors l'étendue des marchés où ils trouvent à se placer? Vente restreinte, production diminuée, chômage : ces trois termes se tiennent, et pour un petit avantage donné à quelques agriculteurs, voudra-t-on exposer à tous les maux que comporte une réduction de travail des industries comme celles de Lyon, de Roubaix, de Tourcoing, de Reims, d'Elbeuf, de Sedan pour les tissus, de Marseille pour les ...s, les savons, et de bien d'autres centres laborieux ?

Voyons maintenant les matières alimentaires.

En 1888, nous avons importé 1 507 millions de francs de matières alimentaires. Nous en avons exporté pour 727 millions. Les résultats de 1889 sont en diminution d'une cinquantaine de millions ...r l'importation, en augmentation de près de 150 millions à l'exportation.

Entrons un peu dans le détail (1).

Nous exportons un peu moins de bœufs que nous n'en importons : 25 000 têtes au lieu de 29.500. Nous importons beaucoup de moutons, ce produit des vastes espaces sans valeur. Par contre, nous sommes résolument exportateurs de veaux, de porcs, de chevaux et de mulets. Nous le sommes aussi des produits de la ferme, beurres, fromages, œufs, volailles, etc., qui représentent ...nsemble au commerce extérieur 153 millions en 1888, et plus de 177 millions en 1889. Nous exportons des fleurs, des graines, des oignons de fleurs, pour plusieurs millions de francs. Ce n'est pas encore là que nous pouvons trouver des indices de décadence et de ruine.

(1) Voir aux annexes.

Pour les boissons, un grand fait s'est produit : une grande catastrophe a frappé une des plus riches cultures françaises ; le phylloxera a semé la stérilité dans nos vignobles. Il a fallu cependant pourvoir aux besoins de la population, et l'importation des vins qui était presque nulle en 1865, a atteint 518 millions de francs en 1886. C'était un maximum. Grâce à la tenace persévérance de nos vignerons, le domaine vinicole se reconstitue ; l'importation des vins n'était plus que de 437 millions en 1888 ; elle est descendue à 387 millions en 1889.

Et pendant ce temps-là, par des efforts considérables, le commerce des vins a réussi à sauvegarder le marché extérieur ; il a transformé si heureusement, si habilement ces vins étrangers, qu'il a pu continuer à offrir à sa vaste clientèle des produits à peine dissemblables de ceux qu'il lui fournissait avant l'apparition du fléau, et notre exportation de vins, tout en ayant baissé d'une quantité importante, tient encore une grande place dans nos affaires : elle était en 1888 de 2 118 000 *hl*, représentant une valeur de 242 millions et demi, soit 114 *f* à l'hectolitre. Elle est un peu plus élevée en 1889. De même pour les eaux-de-vie, dont l'exportation se maintient aux environs de 70 millions.

§ VIII

Mais venons à la grosse question, au blé. On en a importé 11 358 000 hectolitres en 1888 ! c'est beaucoup. Et en outre, on a importé 186 mille quintaux de farine (déduction faite de l'exportation). Et quelle est la raison de cette importation considérable?

Je l'ai dit tout à l'heure, le blé étranger ne se substitue pas au blé français : il supplée à son insuffisance.

Il y a une relation très nette entre la récolte et l'importation (1) : en 1872, la récolte donnait 119 millions d'hectolitres, et 136 en 1874. L'importation est nulle. Puis vient toute une suite d'années malheureuses, de 1876 à 1882 : l'importation atteint 22 millions d'hectolitres en 79 et, dans toute la période, ne descend pas au-dessous de 13 millions. De 1883 à 1887, la récolte est un peu meilleure : l'importation décroît; elle est de 6 millions et demi d'hectolitres en 1885, de 7 millions l'année suivante. La récolte de 1888 est faible : l'importation augmente.

(1) De Foville. *France économique*, chap. VIII, page 106.

. .l faut bien qu'il en soit ainsi; et il faut bien se féliciter de ce
.i peut en être ainsi. Il faut bien manger!

. . exportations nous constituent, heureusement, créanciers de
.anger. Nous en profitons pour lui acheter le complément né-
..saire de notre nourriture, et quel que soit le prix mis à celle-ci,
. ..dra bien l'introduire chez nous, sous peine d'être moins
.. nourris.

.. droit de 5 *f* sur le quintal de blé n'a donc pas arrêté l'inva-
. des blés étrangers : il ne l'a ni modérée ni réglée; elle est
.. dans la mesure où elle était nécessaire à la satisfaction de
. .. soins.

M.. le droit de 5 *f* a eu une autre conséquence : il a relevé les
. à l'intérieur.

. .. la situation au mois d'avril dernier :

.ns les ports de Rouen et du Havre, le blé exotique se vend . quitté, les 100 *kg*.	*f*	25 »
. tranchons le droit		5 »
Reste	*f*	20 »

. ..tre part, sur les marchés de la Seine-Inférieure, les blés de
.. analogue aux blés américains se vendaient 24 *f*; s'il n'y
. pas le droit de douane, il y aurait égalité de prix entre les
. marchés, et le blé à Bolbec se vendrait, comme la cargaison
.ante au Havre, 20 *f*. Le droit produit donc en ce moment sur
. prix à l'intérieur une plus-value de 4 *f* par quintal. C'est une
. .ugmentation de 20 0/0. A raison de 80 millions de quintaux de
. .uction indigène multipliés par 4 *f*, c'est 320 millions de
. telle est la contribution levée sur le pays.

.. producteur s'en trouve bien, nous dit-on. Je le crois sans
.., surtout en présence de ce fait que les exploitations agri-
. qui font assez de blé pour en vendre en quantité notable
. en petite minorité numérique, puisque ce sont seulement les
.itations de 40 *ht* et au-dessus (1). Tout le reste des agricul-
.. n'en profite pas et, comme tout le reste du pays, en pâtit.

M.. non, s'est-on écrié, le pays ne souffre pas du haut prix mis
. . blé, le consommateur ne s'en aperçoit même pas, et on a
. mot devenu célèbre de M. Pouyer-Quertier : « Le droit de
. 5 *f* sur les blés n'a pas fait enchérir le prix du pain! »

(1) 142088 exploitations de 40 *ht* et au-dessus. *Statistique agricole de 1882*, publiée en
. .

Voila qui, je l'avoue, me paraît bien extraordinaire, et j'ai toujours cru qu'en parlant ainsi M. Pouyer-Quertier avait pensé à ce pain de *fantaisie*, qu'on ne pèse pas quand on le vend, qui s'appelle toujours pain de deux livres, qu'il pèse un peu plus ou un peu moins, et qui est le pain préféré de la population des grandes villes, de Paris notamment. Mais même dans ces conditions, la spirituelle saillie du grand champion du protectionisme a cessé d'être de mise. Les boulangers ne pouvaient pas, en effet, conserver pour eux cette surcharge; ils l'ont répartie sur leurs clients, et le pain a augmenté à Paris : il est passé de 0,70 à 0,81 *f* les 2 *kg* (1). Il a augmenté en province; et cette augmentation n'a pas été sans émouvoir les populations, notamment à Marseille, dans la Nièvre, dans le Cher et ailleurs. Et enfin! on avait taxé le blé, on avait taxé la farine, on avait taxé le biscuit; on n'avait pas taxé le pain à l'entrée : peut-être n'avait-on pas osé! Eh bien! par cette fissure du tarif — des œuvres de ce genre comportent toujours des fissures et des anomalies — par cette fissure, le pain franchit nos frontières : on le fabrique en grand en Belgique, en Suisse, à notre intention. On en a importé 28 millions de kilogrammes en 1889!

Mais, objecte-t-on, comment faire? Le quintal de blé nous revient à 25 *f*, soit l'hectolitre à 18,75 *f*. Et c'est là un chiffre incontestable, légendaire, consacré, qui a servi de pivot à toute l'argumentation en faveur du droit de 5 *f*. Oui, 25 *f*, tel est le prix de revient déclaré du quintal de blé (2). Mais comment y arrive-t-on à ce chiffre fatal? Eh bien! c'est un chiffre moyen; on dit : en moyenne, les frais de culture des céréales s'élèvent à 280 ou 300 *f* par hectare; la production moyenne est de 15 *hl* ou 12 *qtx* à l'hectare, donc le prix de revient moyen du quintal est le quotient de 300 par 12, soit 25 *f*. C'est bien clair, bien net, bien formel. Ah! Messieurs, voici bien une preuve de la circonspection avec laquelle il faut baser un raisonnement sur les données de la statistique.

Prenons la liste des départements français classés par ordre de production du blé (3).

Nous y trouvons bien un département, le Cher, dont le rendement est de 15 *hl* à l'hectare. Mais il y a au-dessus de lui 43 départements qui produisent plus de 15 *hl*, jusqu'à 25 et 29 *hl* en Seine-et-Oise; et au-dessous, il y en a précisément le même nombre, qui produisent moins, beaucoup moins, puisque 14 d'entre

(1) *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, décembre 1889.
(2) M. Méline. Discours sur le droit de 5 *f* à la Chambre des députés.
(3) Deuxième série des *Etudes agronomiques*, de L. Grandeau, page 59.

x produisent moins de 10 *hl*, que le Gard n'en produit pas 7, ·· la Creuse n'en produit pas seulement 5 !

... on ne peut pas mettre ces énormes différences entièrement · le compte du climat et du sol, les différences s'accusent non r... à région, mais entre départements voisins. Dans la · ..n du Midi, ne voyons-nous pas des départements comme le ..-de-Dôme, les Bouches-du-Rhône, les Hautes-Pyrénées, l'Isère ! les rendements sont compris entre 18 et 20 *hl*, tandis que le ..luse ne produit que 8,76 *hl*, la Drôme 8,26 *hl*, et la Creuse ..iffre vraiment lamentable de 5 *hl* ! Et de même, quoique à · moindre degré, dans la région septentrionale : l'Aisne donne 24 *hl*, les Ardennes 15 *hl* 1/2 ; Seine-et-Marne a un rendement ..rieur à 23 *hl*, la Haute-Marne n'en donne que 14 ; la Seine-..rieure produit 24,67 *hl*, la Manche 12,94. Et, en présence ..s énormes différences, quel rôle va jouer le droit de 5 *f* rehausse d'une manière uniforme le prix du blé ? Il donne .. aux uns, qui n'en ont pas besoin, et pas assez aux autres, n'en resteront pas moins dans la misère, et, au rebours, je .. le croire, des intentions de ceux qui l'ont établi, il consacre ..galité au détriment du plus pauvre.

... donc, si la production moyenne n'est pas rémunératrice, .. ne le deviendra pas par l'établissement du droit de douane. · droit de douane n'est pas le remède.

Mais la situation n'est pas sans issue. Il faut bien le dire, dans ... le de progrès, de sciences, de découvertes, d'applications ..veilleuses, l'agriculture, à l'encontre d'autres branches de ..vité sociale, s'est attardée. On est resté trop attaché aux ..tumes anciennes, tranchons le mot, à la routine. On reste .. nous à ce rendement de 15 *hl*, tandis qu'en Angleterre il est 27,7 et en Belgique, de 25 (1). Il est vrai que pour cultiver ..ilions d'hectares en terres labourables, l'Angleterre importe · ..ellement 457 000 *t* d'engrais ; tandis que pour nos 28 millions ... tares, on se contente de 120 000 *t*, ce qui revient à dire que · · ..face égale, nous importons douze fois moins d'engrais que ..gleterre.

Messieurs, ce que disent, ce qu'affirment tous les hommes à la · praticiens et savants qui, sans préoccupation d'intérêt person-.. sont dévoués à cette question, ce qu'ils démontrent par · ..ts constants, multipliés, étendus, c'est qu'il est des procédés

(1) ..randeau *Études agronomiques*, 2e série, page 56.

sûrs, accessibles à tous, qui à la fois augmentent les rendements de l'agriculture et diminuent les prix de revient dans des conditions telles qu'on n'a plus, quand on y recourt, à craindre aucune concurrence du dehors (1) : c'est que ces procédés sont applicables immédiatement et immédiatement féconds.

Et vous voudrez bien, Messieurs, que je saisisse cette occasion de rendre un public hommage à l'un de ces hommes, qui s'est donné avec une ardeur et un dévouement admirables à la propagation de ces enseignements sauveurs : c'est M. Grandeau. Je ne ferai jamais mieux que de vous engager à le lire. Vous sortirez de cette lecture, convaincus que ce savant dévoué, ce grand patriote ouvre aux agriculteurs la seule voie rationnelle, la seule féconde pour l'amélioration des procédés de culture, et qu'au contraire, l'inefficace protection du tarif des douanes ne les empêchera pas de marcher de plus en plus vers leur ruine.

Le droit de douane donne peut-être aux cultivateurs — et ce n'est pas là son moindre danger — l'illusion d'un gain obtenu sans efforts personnels, illusion qui éteindra toute ardeur pour le progrès et qui aura, en outre, cette autre conséquence malheureuse de ranimer la concurrence entre les cultivateurs pour le louage des terres, au profit principal du propriétaire.

Le propriétaire jouit du privilège singulier de voir le taux de son revenu demeurer immuable, tandis que pour tous les autres placements l'intérêt a baissé de près des 2/3. Qu'il ne s'endorme pas dans cette situation privilégiée, qu'il devienne un peu plus qu'il ne l'est, l'associé, le conseil, le prêteur de son fermier : il faut des avances à la terre, des avances modérées, mais encore telles que le fermier ne peut pas toujours les faire (2) ; c'est au propriétaire à les lui fournir.

L'Etat aussi a sa part de devoirs. M. Grandeau que j'aime à citer les a énumérés à diverses reprises. « Au Parlement, dit-il, incombe » la tâche de placer au premier rang de ses préoccupations la » confection de lois favorables à l'exploitation du sol, à la réunion » des parcelles (3) ; les lois sur la répression de la fraude dans le » commerce des engrais et des semences ; la législation sur les

(1) Dans l'Est de la France, en 1885, on pouvait, en grande culture, dans les terres convenablement traitées, obtenir du blé à moins de 11 *f* le quintal, avec un rendement sensiblement double du rendement moyen de la France pour la même année. — L. Grandeau, *Et. agron.*, 2e série, page 105.

(2) L'avance à faire au sol en fumiers et semences pour porter la récolte moyenne à 25 *hl*, n'excède pas 100 à 150 *f* par hectare. — (Grandeau, *Et. agron.*, 4e série, p. [illegible]

(3) L'enquête agricole de 1882 (la dernière en date) constate l'existence de [illegible] millions de parcelles culturales de moins d'un hectare.

... ccessions... et tant d'autres réformes et améliorations dont la ... efficace, dans un avenir prochain, serait la diffusion des connaissances agricoles dans nos populations rurales (1). »

Ce que nous venons de dire du blé est applicable à toutes les ... cultures : augmenter les rendements (2), diminuer les ... de revient par l'emploi des procédés qu'enseigne la science ; ... dehors de cela, la prétendue protection douanière n'est qu'un ... ; elle charge le pays d'une lourde contribution, sans améliorer la condition du cultivateur (3).

§ IX

Messieurs, je n'ai déjà que trop retenu votre attention, et je ne ... drais pas abuser de votre bienveillance. Cependant, après ... r parlé de l'agriculture et avoir cherché à démontrer que la ... tection douanière ne lui est pas nécessaire, il est impossible ..., dans cette réunion surtout, je n'envisage pas, au moins en ... elques mots, la situation vis-à-vis de la protection, de l'autre grande industrie extractive qui tire des entrailles du sol les mé... ... et les combustibles, et de l'industrie sidérurgique qui est ... ete.

Quelle est la situation de l'industrie minérale ? Mettons tout de ... de hors de cause les mines métalliques autres que celles de ... Personne ne semble s'en occuper ; et il paraît certain qu'elles ... seront pas comprises dans la large distribution de faveurs ... ières qui s'annonce. Et pourtant, il y a en France des gise... ... ts de presque tous les métaux, dont beaucoup ont été ex... ... tes, dans lesquels on a investi des capitaux, et qui rendraient ... être encore, si on les protégeait.

La raison de l'indifférence dont elles sont l'objet, je ne la cher... ... rai pas en ce moment ; je constate seulement qu'il y a là, de la ... t de la protection, une inégalité de traitement. Elle en est cou... ... ière, nous l'avons déjà pu voir.

L'exploitation des combustibles minéraux est en grand progrès ... dans notre pays. La production s'est légèrement accrue ; mais

(1) ... Grandeau. *Études agronomiques*, 2e série, page 15.

(2) En ... de très peu son rendement, en le mettant au niveau des pays qui l'en... ..., il serait facile à l'agriculture française, non seulement de combler notre déficit ... mais même d'avoir un excédent à écouler au dehors. Nos agriculteurs le ... le doivent. E. Tisserand, Conseiller d'État, Directeur de l'Agriculture ... page 21. *Statistique agricole de ... de 1882* (publiée le 1er janvier 1886).

(3) L'agriculture ... est l'éternelle dupe de ces discussions. Ed. Lockroy. — Chambre ... députés, 2 juin 1890

surtout les procédés d'extraction se sont perfectionnés, au grand bénéfice du prix de revient.

La production a été de 22 600 000 *t* en 1888.

Mais cette quantité n'est pas suffisante pour les besoins du pays, et il a fallu importer en outre 10 millions de tonnes qui ont, en entrant, acquitté chacune un droit de 1,20 *f*.

Ce droit, ajouté au prix des houilles belges et anglaises, sert de régulateur au prix de vente à l'intérieur. Les prix des charbons dans le Nord et dans le Pas-de-Calais se raisonnent, non d'après le prix de revient local, mais d'après les prix des bassins de Mons et de Charleroi, augmentés de 1,20 *f*. Cette surtaxe, tous ceux qui consomment de la houille, la paient aux producteurs, et les protectionnistes ne soutiennent pas que ce pain de l'industrie jouisse de l'extraordinaire privilège qu'ils attribuent au pain de froment. En 1888, terme moyen, sur le carreau de la mine, la houille dans le bassin du Nord se vendait 9 *f*, et en Belgique 8,43 *f*.

Les bassins du centre de la France et du Midi produisent dans des conditions moins avantageuses. Leur situation nuit aussi à l'expansion de leur marché ; mais, en retour, elle les préserve de la concurrence des charbons étrangers. Saint-Étienne peut difficilement aller à Marseille concurrencer les charbons anglais, mais ceux-ci ne remontent pas le Rhône ; et de même à peu près pour les autres.

Cependant, non contents du droit de 1,20 *f*, quelques centres houillers demandent qu'on y substitue celui de 2 *f*, sans cacher, d'ailleurs, leur prédilection pour celui de 3 *f* (1). On croit aussi dans les mêmes régions à la nécessité d'augmenter les droits protecteurs des produits métallurgiques, droits fort élevés, comme nous le verrons tout à l'heure. Et, par contre, on réclame l'abaissement des tarifs de petite vitesse, ce qui, soit dit en passant, semble assez contradictoire avec la prétention de faire enchérir toutes les matières que consomment les chemins de fer.

Messieurs, il y a des différences considérables, nous l'avons vu, entre les prix des combustibles minéraux d'une région à l'autre, et c'est là, encore aujourd'hui, un des arguments mis en avant par ceux qui réclament l'aggravation ou même simplement le maintien de la protection actuelle. Mais, veuillez bien noter que, dans le prix d'une tonne de houille, le salaire entre à peu près pour 45 ou 48 0/0 ; les mêmes causes qui tendent à égaliser les

(1) Chambre de commerce de Saint-Étienne. *Réponse au Questionnaire.*

...tres doivent donc rapprocher les prix des combustibles miné-
...x d'un chiffre moyen dans tous les pays, et faire disparaître
... l'une des principales allégations de notre prétendue infério-
En résumé, donc, celles de nos houillères qui peuvent être
...tement concurrencées par l'étranger sont en état de sou-
... la lutte ; les autres sont, par leur situation, à l'abri des
...rrences immédiates. Elles peuvent donc toutes vivre sans le
... protecteur, dont tout le poids retombe sur les consomma-
...s de houille.

§ X

...mi les consommateurs de houille, l'un des plus gros, c'est
...certainement l'industrie sidérurgique qui, en 1888, en a brûlé
...de 4 millions de tonnes.

...traité de 1860 a été généreux pour cette industrie. Il stipu-
...n sa faveur des droits *ad valorem* de 25 à 30 0/0, qui, trans-
...s depuis en droits spécifiques, arrivent à être de 37 à 40 0/0
... prix marchands d'aujourd'hui (1). Ces droits étaient établis
... pas à perpétuité, mais — suivant une formule qui a été fort uti-
— seulement pendant le temps nécessaire à l'industrie sidérur-
... pour s'outiller et se rendre apte à soutenir la concurrence
...gère. Le temps a marché. Des progrès se sont réalisés, des dé-
...vertes ont été accomplies qui semblent avoir eu ce résultat d'être
... avantageuses à la métallurgie française qu'aux autres : les
... ont baissé, mais les droits sont restés. Ils continuent à être
...dérés par les métallurgistes comme une défense contre les
...ucteurs étrangers. Et cependant, nonobstant ces droits éle-
... certaines industries trouvent encore avantage à introduire du
... de la fonte, de l'acier. En 1888, 61 854 t de fer, 8061 t d'acier
... entrées non pas en bénéficiant des acquits-à-caution, mais en
...ant le droit plein (2).

(1) *Tableau des droits de douane et des prix des principaux produits sidérurgiques (année 1887).*

	Par tonne: Droit	Par tonne: Prix	Par tonne: Rapport
Fonte	20 fr.	54 fr.	37 0/0
Fer	60 »	142 »	42 0/0
...s de fer	75 »	220 »	34 0/0
... d'acier	60 »	12[illegible] »	47.6 0/0

(2) Voici les chiffres :

	[illegible]	[illegible]
Fonte	90 703 t	57 816 t
Fer	21 0[illegible]	61 854
Acier	4 41[illegible]	8 061

Ces renseignements sont extraits de la Statistique de l'industrie minérale.

Les industries qui ont fait cela étaient certainement dans des conditions bien avantageuses ! Pouvoir supporter **60** *f* d'augmentation sur une matière première qu'on payait alors de **120 à 130** *f*, c'est 50 0/0. Quel développement ne peuvent pas prendre, s'il n'y avait pas de droit, des industries qui peuvent travailler dans de semblables conditions !

La sidérurgie, Messieurs, a eu la singulière fortune d'avoir de tout temps à sa tête des administrateurs et des ingénieurs du plus rare mérite, joignant à une grande science une heureuse intuition, et animés d'un grand zèle pour leur profession. Ils ont mis à profit tous les progrès, dont beaucoup leur étaient dus à eux-mêmes, et ils ont amené cette industrie à un degré de perfection à peu près absolu. La déphosphoration a donné aux minerais de Meurthe-et-Moselle, qui sont les meilleurs marchés du monde (1), une grande valeur d'utilisation, et la science, l'habileté de nos ingénieurs métallurgistes, a fait ainsi disparaître au profit de notre pays un monopole naturel qui semblait le plus rationnellement établi.

L'un de nos collègues les plus distingués, M. Valton, faisait pressentir, il y a déjà quelques années (2), à quel degré de bon marché on pourrait obtenir dans Meurthe-et-Moselle les fontes pour acier. Ses prévisions ont été dépassées. Meurthe-et-Moselle vendait à 41 *f* en 1886, à 45 *f* en 1887 (3). Aujourd'hui elle exporte de plus en plus vers la Belgique et l'Allemagne (4), et envoie la majeure partie de sa production dans le Nord et le Pas-de-Calais, où, grâce au prix du combustible, on la transforme en fer et en acier, à des conditions qui supportent facilement la comparaison avec celles des pays voisins.

On m'objecte qu'il n'en est pas de même partout, que dans la Loire, que dans la plupart des districts métallurgiques du Centre, on ne pourrait pas produire dans des conditions analogues à celles de l'Est et du Nord.

Mais observons que les centres industriels auxquels on fait allu-

(1) Prix moyen des minerais dans Meurthe-et-Moselle :

En 1887	2,60 *f*.
En 1888	2,76
Prix moyen pour la France	3,33
— pour l'Algérie	3,54
— pour la Grande-Bretagne	5,95
— pour la Prusse	7.58
— pour l'Espagne	3,05

(2) *Génie civil*, 19 avril 1884.

(3) Statistique de l'Industrie Minérale pour 1887.

(4) Chronique industrielle du *Génie civil* des 5 et 19 avril 1890.

... n'attendent pas l'abolition des droits protecteurs pour être ... une situation difficile.

De l'aveu même des intéressés, le bassin de la Loire est dès maintenant dans une situation difficile, au point de vue de la production des métaux bruts, tellement qu'aujourd'hui les droits ...els ne sont plus suffisants pour lui assurer des prix rémunérateurs. Faut-il donc, pour cela, relever encore ces droits, et avec ... les prix de vente du marché intérieur, ce qui aurait cette étrange conséquence d'enrichir, au delà même de leurs prétentions, les métallurgistes du Nord et de l'Est, et, du même coup, peser sur la consommation d'une matière aussi nécessaire que ... et de la restreindre?

Tel est cependant le vœu des métallurgistes de la Loire. Au fond, je le crois bien, en demandant l'aggravation des droits actuels, ils obéissent surtout à des regrets fort naturels, et en tout cas très respectables, pour cette industrie dans laquelle ils ont ... elle, qui a eu chez eux le berceau de ses plus grands progrès. Ils ont la nostalgie du haut fourneau!

Mais leur grand sens ne leur a pas fait défaut: ils se sont rendu compte de leur situation, et stimulés par la nécessité, ils ont abandonné la production des matières brutes: ils fabriquent des produits finis, ils les fabriquent avec une grande perfection, ils les exportent (1). Des mesures administratives semblent, en outre, ...r leur donner dans la fabrication des armes de guerre, un ...vel élément d'activité (2). La transformation s'opère donc ...-même, naturellement; elle est déjà plus qu'à moitié faite.

Ce ne serait pas d'ailleurs la première fois qu'une industrie ...ait dû se transformer, se déplacer, en raison de l'apparition quelquefois très subite et rapide d'un procédé nouveau, et en dehors de toute influence douanière. Est-ce que le métier à la ...quard n'a pas produit des effets de ce genre? Est-ce que le fer ... bois n'a pas presque complètement disparu. Est-ce que des ...s fourneaux ne se sont pas éteints dans la Haute-Marne, dans ...? Est-ce que le creuset de Bessemer, le foyer de Siemens, le four de Thomas et Gilchrist n'ont pas successivement et à de ...ts intervalles forcé la métallurgie à transformer son outillage, ...s procédés?

Et cette transformation, ce passage à une industrie plus com...e, n'est-ce pas une accession à une destinée supérieure, plus

(1) Réponse de la Chambre de commerce de Saint-Étienne au Questionnaire, page 18.
(2) Id. ibid., page 20.

conforme au génie et aux aspirations de notre race? Je le crois : j'ai trouvé, dans mes longs séjours à l'étranger, mille preuves de la supériorité de nos produits finis sur ceux des fabricants des pays concurrents. Je suis heureux de pouvoir fortifier mon opinion à cet égard, du témoignage d'un de nos collègues les plus distingués, aux paroles duquel sa haute compétence donne une autorité indiscutable. M. Euverte nous le disait ici-même, il y a un an (1). Nos produits manufacturés et travaillés peuvent être exportés avec succès : « Nos mécaniciens, nos con-
» structeurs, ont une grande réputation à l'étranger; la qualité
» de nos matières est généralement très appréciée et certaines
» industries en reçoivent un développement considérable. »

C'est aussi ce qui découle de cette monographie si étudiée, si instructive, sur les prix de revient de la construction des machines dont un autre de nos plus distingués collègues, notre Vice-Président, M. Périssé, nous a donné la primeur en 1884 (2). Il nous y a fait voir d'une façon tout à fait démonstrative que ce qui arrêtait l'essor de notre industrie de la construction mécanique, c'était le prix élevé des matériaux qu'elle met en œuvre. Cet obstacle, nous l'avons vu, doit disparaître avec l'abolition des droits protecteurs de la métallurgie.

Et M. Périssé ajoute que pour le fini de l'exécution, les dispositifs ingénieux, que pour ces grands projets d'ouvrages où il faut présenter les combinaisons les mieux étudiées, sans être beaucoup plus chères, dans ce cas, la France est supérieure à ses concurrents.

Messieurs, j'ai recueilli avec un sentiment profond de joie patriotique ces déclarations de deux de nos collègues les plus autorisés. Oui, l'industrie mécanique, celle des constructions métalliques, qui mettent en mouvement l'intelligence, l'ingéniosité, le goût, l'esprit de recherche et de combinaison, est une de celles auxquelles notre race est éminemment propre! Ne mettons donc pas d'obstacles au développement de ces heureuses facultés : que les matières premières de l'industrie mécanique, la fonte, le fer, l'acier, affranchies de toute surtaxe, lui arrivent au plus bas prix possible; que tout ce qui s'emploie d'intelligence, de savoir, de dévouement à produire péniblement ces matières premières, s'applique, s'il le faut, sans regrets, à créer le produit fini, la

(1) Procès-verbal de la séance de la Société des Ingénieurs civils du 15 mars 1889, page 137.

(2) Périssé. *Du prix de revient des machines en France, en Angleterre et en Allemagne.*

...:.e, l'outil ! Et quelles heureuses conséquences n'aurait pas
: nos industries, pour l'agriculture en particulier, la produc-
... onomique des outils et des machines !

i rmettez-moi encore deux mots. On dit : Mais la défense
·:ale, comment y pourvoir sans fer pour nos armes, sans
.· pour la mobilisation et tous les transports? Ces indispen-
· matériaux de la guerre, n'ayons pas à les demander à
...ger. Par les droits de douane, assurons l'existence de ces
grandes industries de la houille et du fer, c'est la garantie de
·· :.d. pendance.
:· si je dis, comme je l'ai fait tout à l'heure, que ces deux in-
·· es sont viables, qu'elles prospèrent par elles-mêmes; si je
· le Nord et Meurthe-et-Moselle, on me répond : Mais ce sont la
frontières : en cas d'invasion, comment ferons nous ? Mon
' il y a la de quoi s'émouvoir en effet. On est peut-être un
'. op prompt a admettre que dans la guerre future ce seront
ars nos frontières qui seront violées, et que nous ne saurons
· · a tenir l'ennemi éloigné. Quoi qu'il en soit, allons à la réalité.
· ·.que grande que puisse être la quantité de ces matières né-
. res pour le cas de guerre, il est possible de les avoir en
· · à l'avance, il faut les y avoir — elles y sont sans doute déjà
— ' nous trouverions singulièrement imprudent et coupable le
. vernement qui attendrait la déclaration de guerre pour se pour-
.. ce qui lui est nécessaire. Ce n'est pas à l'heure où je suis
· · n face de l'ennemi, qu'il faut forger mes armes, c'est avant.
i· ·.. la protection douanière des produits métallurgiques n'in-
··· en rien la défense nationale, et la conclusion à laquelle je
·· subsiste tout entière.

§ XI.

·· tout ce que je viens de vous exposer, il résulte qu'il n'y a
· aussi dire pas d'industrie qui ne puisse vivre et prospérer
·· ;e par la suppr·ssion des tarifs douaniers on aura assuré à
· ..vriers le bon marché de l'existence, à elle ses matières pre-
·.., son combustible, son outillage aux meilleures conditions
·· ..es. Quelques ateliers auront à perfectionner leurs moyens
· '..on, peut-être à se transformer. Mais ces transformations,
· hangements, l'inéluctable progrès les impose tous les jours ;
· s'effectuent sans secousses, sans souffrances appréciables.
· . serait de même encore cette fois : le chômage n'aurait

rien de particulièrement dangereux ; il ne dépasserait pas les moyens dont la société dispose pour en calmer l'acuité. Mais il n'en sera pas de même si, par un tarif impitoyablement protecteur, on restreint la production, car restreindre la production c'est fermer l'atelier, c'est ruiner peut-être le patron, c'est congédier l'ouvrier.

Donc, SUPPRESSION DU TARIF DES DOUANES, tel est le vœu que je formule.

Messieurs, il est temps de finir. Aussi bien n'ai-je que trop abusé déjà de votre indulgente attention.

Du dernier recensement, il résulte qu'il y a en France 10 millions 1/2 de personnes vivant de salaires, gages et honoraires, et 6 millions 1/2 de patrons, en comprenant, il est vrai, sous cette dénomination, 2 millions 1/2 de paysans cultivant leur lopin de terre de leurs propres mains, et 2 millions de petits industriels, de petits commerçants, tous gens très voisins de l'ouvrier salarié par leur condition sociale et l'étroitesse de leur vie.

Ces 17 millions d'hommes, chaque matin, se mettent à la besogne, travaillant tout le jour, recommençant le lendemain.

La somme de tous ces labeurs individuels constitue le travail national : la somme des rendements, c'est la richesse du pays. Et dans ce grand organisme, compliqué mais harmonieux, où tous les efforts sont recueillis et dirigés vers ce même but : faire vivre le pays, l'enrichir, si possible, le tarif douanier intervient, organe adventif et bizarre, qui tend à rendre plus pénibles et plus lents les mouvements de l'admirable machine ; il jette du sable sur les glissières, il en introduit dans les coussinets ; il exagère les résistances passives, il diminue l'effet utile, il limite et restreint le rendement. Ah ! ce n'est pas ici, je l'espère, qu'on pourra dire que c'est bien !

Mais, Messieurs, il y a plus encore que cette faute de dynamique sociale. On nous a dit : « Vous êtes consommateurs, n'en » parlez pas, car vous êtes aussi producteurs; et tous les produc- » teurs seront protégés, tous seront également protégés (1). On » équilibrera les intérêts du producteur et du consommateur (2). »

Vous avez déjà vu comment, dans le sein d'une même industrie, cette promesse d'égalité de traitement était tenue ; vous avez

(1) Cette promesse se rencontre à chaque instant dans les discours parlementaires, dans les discussions des commissions législatives et administratives.

(2) E. Bert, *loc. cit.*, page 225.

...s uns recevoir beaucoup des effets du tarif, les autres peu : ...coup aux puissants; un insuffisant secours aux petits, aux ...s, et d'une industrie à celle qui la suit dans l'ordre de la ...ation, et d'une classe d'industrie à une autre classe, qui ose-... que les faveurs de la protection sont également réparties? ... que la grande, la vaillante industrie de Lyon est protégée, ... qu'elle peut l'être? Est-ce que les dentelles de Calais sont ...gées? et cependant on protége les producteurs de leurs ma-...s premières, sans souci de ce qui adviendra. Et le commerce, ...st la protection qu'on lui donne, alors qu'on diminue ses af-...s? Et pourquoi toutes ces inégalités? Quelle raison, quelle ...e? Que devient la parole donnée?

Et enfin, ces 10 millions 1/2 de salariés, producteurs, eux aussi, ... le produit immatériel et éminemment digne d'intérêt s'ap-...le le travail, travail intellectuel, travail manuel, je vois bien ... vous les conviez à fournir contribution aux autres produc-...s, sous prétexte de protection, mais à eux, quelle protection ...r assurez-vous en échange? Je n'en vois pas, et alors le sys-...e révèle tout entier comme une monstrueuse inégalité, une ...rante injustice!

Messieurs, je n'ai pas la témérité de croire que mon impuissante ... ait une influence quelconque sur le mouvement de l'opinion. ...grands intérêts pécuniaires sont engagés dans la question, et ...philosophe (1) quelque peu découragé l'a dit : Si l'intérêt pé-...aire y trouvait son compte, il nierait la gravitation univer-...;

...sieur Galilée, je ne puis que répéter : « *E pur si muove!* »

...ira donc au protectionnisme; on en éprouvera les effets; on ...ntira les maux!

Mais, j'en veux conserver l'espoir, la France éclairée, désabusée ...ar cette décisive expérience, brisera un jour les liens dans les-... on enferme aujourd'hui la liberté des échanges. Et l'acte ... alors abolira le tarif des douanes sera, non le triomphe d'une ...ion, mais, comme le disait déjà Montalembert, il y a quarante ...s, la glorieuse et légitime conquête de la justice, de la raison ... de la charité sociale!

(1) Macaulay, cité par Henri George. *Libre-Échange ou protection.*

COMMERCE INTERNATIONAL DE LA FRANCE

Relevé du total des exportations et importations de 1827 à 1889

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES IMPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	414	507	»	93
1828	454	511	»	57
1829	483	505	»	22
1830	489	453	36	»
1831	374	456	»	82
1832	505	507	»	2
1833	491	560	»	69
1834	504	510	»	6
1835	520	578	»	58
1836	565	628	»	63
1837	569	515	54	»
1838	656	659	»	3
1839	651	677	»	26
1840	747	695	52	»
1841	804	761	43	»
1842	847	644	203	»
1843	846	687	159	»
1844	868	790	78	»
1845	856	848	8	»
1846	920	852	68	»
1847	956	720	236	»
1848	474	690	»	216
1849	724	938	»	214
1850	791	1 068	»	277
1851	765	1 158	»	393
1852	989	1 257	»	268
1853	1 196	1 542	»	346
1854	1 292	1 414	»	122
1855	1 594	1 558	36	»
1856	1 990	1 893	97	»
1857	1 873	1 866	7	»
1858	1 563	1 887	»	324
1859	1 641	2 266	»	625
1860	1 897	2 277	»	380
1861	2 442	1 926	516	»
1862	2 199	2 243	»	44
1863	2 426	2 643	»	217
1864	2 528	2 924	»	396
1865	2 642	3 088	»	446
1866	2 794	3 181	»	387
1867	3 027	2 826	201	»
1868	3 304	2 790	514	»
1869	3 153	3 075	78	»
1870	2 867	2 802	65	»
1871	3 567	2 873	694	»
1872	3 570	3 762	»	192
1873	3 555	3 787	»	232
1874	3 508	3 701	»	193
1875	3 537	3 873	»	336
1876	3 988	3 576	412	»
1877	3 670	3 436	234	»
1878	4 176	3 180	996	»
1879	4 595	3 231	1 364	»
1880	5 033	3 468	1 565	»
1881	4 864	3 561	1 303	»
1882	4 822	3 574	1 248	»
1883	4 804	3 452	1 352	»
1884	4 344	3 233	1 111	»
1885	4 088	3 088	1 000	»
1886	4 208	3 249	959	»
1887	4 026	3 247	779	»
1888	4 107	3 247	860	»
1889	4 175	3 609	566	»

II

COMMERCE SPÉCIAL DE LA FRANCE

Classification par nature de Marchandises.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889*
			EN MILLIONS DE FRANCS			
1° IMPORTATION						
Objets d'alimentation	1,438	1,455	1,541	1,423	1,507	1,454
Matières nécessaires à l'industrie	2,208	2,023	2,082	2,014	2,021	2,12[illegible]
Objets fabriqués	697	610	585	589	579	59[illegible]
Totaux	4,343	4,088	4,208	4,026	4,107	4,17[illegible]
2° EXPORTATION						
Objets d'alimentation	783	750	731	703	727	86[illegible]
Matières nécessaires à l'industrie	759	707	773	805	813	83[illegible]
Objets fabriqués	1,690	1,631	1,715	1,738	1,707	1,90[illegible]
Totaux	3,232	3,088	3,219	3,246	3,247	3,60[illegible]

* La répartition du chiffre total pour 1889 dans les trois catégories est approximative ; le total est exact.

MOUVEMENT COMMERCIAL DE L'ANGLETERRE

	1884	1885	1886	1887	1888
			EN MILLIONS DE FRANCS		
Importations	9,848	9,387	8,834	9,186	9,788
Exportations	7,437	6,853	6,784	7,090	7,522

III

EN 1888

	IMPORTATIONS par pays de provenance			EXPORTATIONS par pays de destination		
	Classement par ordre d'importance	Valeur en millions de francs	0/0 de l'importation totale	Classement par ordre d'importance	Valeur en millions de francs	0/0 de l'exportation totale
Angleterre	1	529	12,88	1	864	26,61
Belgique	2	419	10,20	2	473	14,57
Allemagne	4	333	8,18	3	308	9,49
États-Unis	6	248	6,04	4	256	7,88
Suisse	12	97	2,36	5	209	6,43
Italie	9	181	4,40	9	119	3,66
Espagne	3	378	9,20	7	172	5,29
Russie	5	249	6,05	13	10	0,30
Algérie	10	158	3,84	6	174	5,35
Inde anglaise	8	188	4,57	12	12	0,37
Autriche-Hongrie	11	114	2,78	11	20	0,61
République Argentine	7	189	4,60	8	134	4,12
Chine	14	80	1,94	14	4	0,12
Turquie	13	93	2,26	10	48	1,47
Autres pays	»	821	»	»	444	»
TOTAUX	»	4 107	»	»	3 247	»

IV

Tableau comparatif des Exportations et Importations de quelques produits similaires en 1888.

NATURE DES PRODUITS	UNITÉS	IMPORTATIONS QUANTITÉS	IMPORTATIONS VALEURS en millions	EXPORTATIONS QUANTITÉS	EXPORTATIONS VALEURS en millions
Froment, épeautre, méteil.	Quint. mét	11.357.123	231,9	13.412	0,3
Farines	d°	278 632	8,4	92.152	3,5
Bœufs	Têtes.	29.541	11,3	24.836	9,4
Vaches, taureaux, veaux	d°	45.716	8,1	67.919	14,8
Ensemble race bovine	Têtes.	74.257	19,4	92.755	24,2
Race ovine	d°	1.513.200	55,9	38.730	1,4
Race porcine	d°	22 996	»	193.373	»
Chevaux	d°	12.115	18,1	37.933	37,2
Mulets et mules	d°	315	0,15	22.107	15,5
Vins	Hectolitres	12.064.271	437,90	2 117.967	242,5
Eaux-de-vie	d°	140.916	13,9	219 062	40,6
Sucre raffiné	Kilogr.	1.738.000	0,9	159 750 000	64,7
Soies brutes	Kilogr.	9 675 000	184,»	3 065 000	91,»
Coton	d°	121.725.000	157,7	26.422 000	34,3
Laines	d°	168 584.000	329,»	20.687 000	43,5
Lin, chanvre, jute	d°	157.057 000	111,»	18 500 000	16,5
Peaux et pelleteries	d°	70.365 000	135,7	32 698 000	62,9
Fils de laine	Kilogr.	2.274.000	14,2	4.775 000	37,2
Fils de coton	d°	8 890.000	25,8	715 000	2,7
Fils de lin et chanvre	d°	2.143.000	8,1	5 084.000	9,8
Fils de jute	d°	90 000	0,06	2.812 000	2,5
Tissus de soie	Kilogr.	823 000	50,5	4.090 000	221,2
Tissus de laine	d°	7 392 000	65,1	24 120.000	323,4
Tissus de coton	d°	6 925 000	41,»	17 643 000	106,2
Tissus de lin et chanvre	d°	1.166 000	5,2	2 011 000	8,3
Tissus de jute	d°	1 121 000	1,7	3 077.000	3,4
Machines et mécaniques		»	37,6	»	35,3
Outils et ouvrages en métaux	Kilogr.	19 814.000	19,3	28 543 000	65,»
Engrais divers	Tonnes	120 3[illegible]	18,1	57 [illegible]	[illegible]
[illegible]	d°	9.404 100	143,4	[illegible]	9,2

V

Principales Marchandises importées *(en millions de francs)*.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889
Objets d'alimentation.						
Céréales	360	233	262	289	375,3	373
Vins	344	389	518	444	437,9	387
Eaux-de-vie	22	24	17,7	17,8	14,5	12,2
Bestiaux	151	133	115	78	78,3	75,5
Fruits de table	81	137	128	74	63,9	66,1
Sucres étrangers et coloniaux	76	110	53	51	77,8	58,9
Cafés	83	80	103	132	131,9	127
Matières nécessaires à l'industrie.						
Guano et autres engrais	»	»	»	»	18,3	26,7
Combustibles minéraux	168	146	125	126	143,4	136,7
Chevaux	»	»	»	»	18,1	18
Bois communs	194	159	143	158	165,6	»
Coton	170	179	161	203	157,7	187
Laine	332	276	387	326	329	378
Soies	269	211	293	275	192	270
Lins	64	68	54	52	69	59
Chanvres	16,2	14,4	13,5	17,8	15,7	11,5
Jute, phormium, etc.	17,8	17,8	18,3	25	27,8	32,7
Peaux et pelleteries	175	188	175	153	135	167
Graines oléagineuses	165	182	165	134	146,5	144
Fonte brute	8,2	5	3	1,4	1,5	0,7
Fers	9,5	7,4	5,3	4,4	4,5	3
Aciers	4,1	3,4	3,2	3,8	3	2,6
Objets fabriqués.						
Tissus de laine	89	75	71	64	65,2	63,6
— de soie	43	41	43	53	50,5	61,1
— de coton	75	67	57	50	41	40
Fils de coton	39,5	38,9	36,2	31,2	25,8	28,2
— de laine	17,4	22,1	16	12,4	14,1	11,9
— de lin et chanvre	8,3	5,6	5,7	5,4	8,1	6,7
Peaux préparées	36,7	30,4	28,6	26,4	29,9	31,4
Ouvrages en peaux	6,8	7	8,7	10,3	8,9	9,3
Outils et ouvrages en métaux	25,8	22.4	23,1	23	23	23,6
Machines et mécaniques	60,1	43,7	38,9	43,5	37,6	44,1

VI

Principales Marchandises exportées *(en millions de francs)*.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889	
Objets d'alimentation.							
Céréales	14,4	»	»	»	14,4	20,7	
Vins	237	256	260	234	242,5	251	
Eaux-de-vie	73	76	74	67	64,9	68	
Bestiaux	31,9	26,4	23,6	31,8	35,4	42,3	
Fruits de table	42,7	46,2	43	38,9	38	42,5	
Sucre raffiné et brut	68,8	44,9	53,7	58,6	65	105,8	
Fromages et beurres	109	100	89	85	91,3	108,1	
Café	30,3	29	26,8	27,6	23,7	26,7	
Matières nécessaires à l'industrie.							
Engrais	9,4	12,8	12,2	13,6	10,8	15,2	
Combustibles minéraux	7,4	7	7,7	7,6	9,2	13,7	
Chevaux, mules, mulets	28	31,5	38,7	47,4	52,8	60,1	
Bois communs	»	»	»	»	32,1	»	
Lin et chanvre	12,2	13,7	11,5	11,6	14,5	9,9	
Coton brut	38	32,5	30,6	44,7	34,3	24,8	
Laines	96	91	132	120	131,4	154	
Soies	155	121	147	145	116,9	133,4	
Peaux brutes	69,6	64	60	57	62,8	62,9	
Fonte, fer, acier	4,8	4,8	7,6	16,2	13	22,6	
Objets fabriqués.							
Tissus de laine	334	330	376	350	323,4	335,7	
— de soie	237	222	242	210	223,2	247,9	
— de coton	91	102	107	118	106,2	113,9	
— de lin, chanvre et jute	17	15	15,3	5,9	12,2	14,4	
Fils de coton	2,3	2,1	1,9	2,5	2,7	3,1	
— de laine	32,3	35,6	43,9	39,6	37,2	50,9	
— de lin et chanvre	5,5	8,6	6	10,1	9,8	11,2	
— de jute	1,3	2,1	1,4	1,5	2,5	2,6	
Machines et mécaniques	31,8	27,2	27,5	31,1	35,3	42,4	
Outils et ouvrages en métaux	62	59	62	74	71	92,3	
Armes	4,1	6,5	4,2	6	4,1	2,7	
Peaux préparées	109,8	101,3	96,6	93,7	92,4	107,9	
Ouvrages en peaux	131	134	133	126	135,3	[illegible]	
Modes et fleurs artificielles	27,7	29,9	32,1	27	28,9	30	
Confections	75	70	78	90	87	98	261
Tabletterie	120	118	125	128	128	120	[illegible]
Produits chimiques	43	52	48	48	45,6	51,2	

LES TRAITÉS DE COMMERCE

ET

LEUR RENOUVELLEMENT

PROTECTION ET LIBRE-ÉCHANGE

Réponse à M. FLEURY

PAR

M. E. BERT

Après les remarquables discours de MM. Fleury et Euverte, je suis un peu inquiet pour venir encore vous entretenir de la question des Traités de commerce, qui est, en ce moment, en discussion devant vous, aussi vous demanderais-je de m'accorder toute votre bienveillance. Si je le fais, c'est à cause de l'importance des plus grandes qu'elle présente et sur laquelle il est inutile d'insister. Il s'agit, en effet, de savoir quelles seront dans l'avenir les conditions du travail agricole et industriel de notre pays.

Lorsque j'ai eu l'honneur d'engager cette discussion devant vous, j'ai conclu en vous disant que nous devions abandonner le système des traités de commerce pour reprendre notre liberté d'action, ajoutant que la protection s'imposait aujourd'hui chez nous comme une nécessité nationale, mais qu'il fallait bien se garder d'aller trop loin, et ne faire de la protection qu'à propos et dans une juste mesure.

J'ai été heureux de constater à la dernière séance que je me trouvais en parfaite communauté d'idées avec M. Euverte, qui n'a critiqué ma communication que sur quelques points de détail au sujet desquels je lui répondrai tout à l'heure.

Mais avec M. Fleury nous sommes en complète divergence d'opinion; aussi m'efforcerai-je principalement aujourd'hui de réfuter les théories qu'il vous a exposées et que je considère

.me funestes à notre pays, si par malheur elles venaient à .ner chez nous, ce qui, actuellement, ne me paraît plus pos- . . Plusieurs points de l'argumentation de M. Fleury ayant déjà . victorieusement réfutés devant vous par MM. Euverte, Gassaud Cornuault, ma tâche se trouve fort simplifiée.

Je passerai rapidement sur les premières considérations qui vous . été présentées par M. Fleury. Il vous a dit qu'à son avis la .tion des traités de commerce se posait entre le libre-échange .a protection, et qu'il lui semblait que moi-même je l'avais con- .rée à ce point de vue. Ceci n'est pas tout à fait exact.

La communication que j'ai eu l'honneur de vous présenter se .e en deux parties.

Dans la première, j'ai parcouru rapidement les divers systèmes ..omiques qui se sont succédé chez nous depuis un siècle; puis .xaminé, abstraction faite de tout système économique (car .traités de commerce sont possibles avec la protection comme .. le libre-échange, bien qu'en réalité ils soient toujours favo- ..s aux idées libre-échangistes, quoi qu'en disent aujourd'hui .partisans de cette doctrine, j'ai examiné, dis-je, s'il y avait lieu .énoncer les traités de commerce actuels et s'il fallait les .veler ou y renoncer.

J'ai réfuté devant vous les divers arguments que l'on fait valoir faveur des traités de commerce, et je vous demande la permis- .n d'y revenir rapidement pour compléter les indications que je .s ai données :

1 Les taxes et autres conditions stipulées dans les traités, étant ...s pour un intervalle de temps assez long, les industriels et .. commerçants y trouvent une grande sécurité et peuvent entre- .ndre des opérations de longue durée, qui seraient impossibles .trement.

Je vous ai montré qu'en pratique cette stabilité n'existait point, .. nous n'avons pas un traité fixe et immuable avec chaque .. n, mais un traité comportant la clause de la nation la plus .. .sée, ce qui entraîne de continuels changements, car chaque .. .ciation nouvelle comporte nécessairement des concessions ..elles et par suite les arrangements antérieurs sont modifiés. Les traités nous liant les mains pendant un certain temps, il .. est impossible de venir ensuite au secours de l'une de nos ..stries, si quelque péril vient à la menacer. C'est ce qui nous .. arrivé en 1872, lorsque nous avons voulu augmenter nos re- ...s en élevant les droits sur certains produits.

2° Les traités de commerce favorisent les exportations des objets fabriqués. Or, si l'on se reporte aux statistiques officielles, on trouve que c'est justement le contraire qui a eu lieu. J'emprunte les renseignements suivants au remarquable ouvrage que vient de publier M. Domergue (1):

De 1835 à 1839 notre exportation en objets fabriqués dépasse notre importation de. . .			78.95 0/0
1840 à 1844	—	—	81.77
1845 à 1849	—	—	86.56
1850 à 1854	—	—	89.23
1855 à 1859	—	—	89.12
1860 à 1864	—	—	84.09
1865 à 1869	—	—	75.54
1870 à 1874	—	—	66.03
1875 à 1879	—	—	54.33
1880 à 1884	—	—	47.31

Voilà un argument irréfutable et qui se passe de commentaires.

3° L'intérêt des consommateurs. Or, quoi qu'en pensent certains économistes, ceux-ci ne retirent aucun avantage des traités de commerce, qui par contre sont nuisibles à presque tous les producteurs, c'est-à-dire au plus grand nombre.

J'avais conclu en disant que les traités de commerce n'avaient aucun des avantages qu'on leur avait trop gratuitement accordés et qu'il fallait abandonner ce système pour reprendre notre indépendance

Du reste, il ne faut pas oublier que depuis 1881, malgré un désir véritable et fort prononcé, nous n'avons pu faire de vrais traités qu'avec la Belgique, l'Espagne, le Portugal, la Suède, la Norvège et la Suisse, c'est-à-dire avec des puissances secondaires. Je ne parle point de l'Italie qui a dénoncé, en 1887, le traité conclu avec elle en 1881. Nous n'en avons pas avec l'Angleterre, l'Autriche, la Russie et les États-Unis, c'est-à-dire avec les pays qui renferment un nombre bien plus considérable de consommateurs. Par des conventions contenant la clause de la nation la plus favorisée, nous avons accordé notre tarif conventionnel à l'Angleterre, à l'Autriche et à la Russie, sans aucun avantage compensatoire, car bien que nous jouissions aussi de la clause de la nation

(1) *La Révolution économique*, par M. Jules Domergue, avec une lettre-préface de M. Méline.

la plus favorisée, les nations que je viens de citer ne sont point liées comme nous et elles peuvent à tout instant relever leur tarif.

Aujourd'hui, si l'on était tenté d'engager des pourparlers pour la conclusion de nouveaux traités, on se heurterait à de grandes difficultés et l'on essuierait bien des refus, à moins de se contenter de concessions insuffisantes, tout en faisant des concessions compromettantes pour notre agriculture et notre industrie (1).

Ce n'est qu'après m'être prononcé pour le non-renouvellement des traités de commerce, que je vous avais parlé de la solution à adopter pour l'avenir; et c'est ici seulement qu'il y a lutte entre le libre-échange et la protection. J'ai conclu en vous disant qu'à l'heure actuelle, il nous était impossible de soutenir la concurrence étrangère, si l'industrie et l'agriculture françaises n'étaient point protégées par des droits compensateurs.

M. Fleury n'a nullement parlé de la première partie de ma communication, il ne vous a fait valoir aucun argument en faveur des traités de commerce. Il a laissé complètement cette question de côté pour vous présenter une apologie du libre-échange et de ses bienfaits. Il a ainsi fait dévier la discussion de la voie où elle avait été engagée.

Je vous demanderai la permission de réfuter quelques-unes des idées qui ont été développées devant vous par M. Fleury.

Vous connaissez tous l'activité, l'ardeur et l'énergie persévérante que développent les partisans de l'un et l'autre système économique. Chacun proclame sa doctrine la seule vraie, la seule raisonnable, la seule sage, et, naturellement, chacun conserve son opinion et personne ne fait de concession.

Je n'ai pas la prétention d'être resté étranger à ces vives passions. Je tiens cependant à déclarer que je ne me suis formé une opinion qu'après avoir longuement étudié ces questions, et sans parti pris. Je ne suis ni libre-échangiste ni protectionniste. La science économique est avant tout une science expérimentale : elle repose sur l'observation des faits.

Il ne faut pas proclamer *a priori* que le libre-échange est toujours bon et la protection toujours mauvaise; que le libre-échange ne peut avoir que des avantages et la protection que des inconvénients; il ne faut pas soutenir que la protection est un obstacle

(1) La Chambre haute et la seconde Chambre du royaume de Suède ont invité le gouvernement de ce pays à dénoncer les traités de commerce, expirant le 1er février 1892, et la Suède à la France et à l'Espagne.

au mouvement des échanges et au développement des exportations : c'est une affaire de temps et de circonstances ; l'un ou l'autre des systèmes économiques en présence sera bon ou mauvais suivant la situation du pays et l'état économique général.

Le meilleur régime économique, à mon avis, sera celui qui aura pour résultat de porter la production nationale à son maximum de puissance.

Je sais bien que M. Fleury a une réponse toute faite à tous les chiffres des tarifs de douane ; c'est la réponse habituelle que font les partisans du libre-échange. « Qu'importe, nous dit-il, le mouvement des importations dans un pays ? Est-ce que la balance du commerce est renfermée dans le chiffre des exportations et des importations ? Il n'y a pas seulement les échanges de marchandises d'un pays à un autre, il y a aussi les profits qu'un pays tire de ses exportations qui lui rentrent sous forme d'importations. Voyez l'Angleterre : elle importe plus qu'elle n'exporte, et elle ne se ruine point. »

Assurément non, mais pourquoi ? Parce que les importations qui se font en Angleterre, ne sont pas en réalité des produits étrangers. Ce sont les produits de sa marine marchande, les produits des grandes entreprises engagées dans ses vastes colonies : en un mot, ses propres produits qui rentrent chez elle.

Voici ce que dit à ce sujet M. Domergue :

« Le détracteur malheureux de la théorie de la balance com-
» merciale oublie encore ou feint d'oublier cette considération
» capitale : que dans les importations anglaises figurent les pro-
» duits de ses immenses colonies, et qu'elles doivent y figurer
» non seulement pour leur valeur intrinsèque, mais pour leur
» valeur augmentée des commissions de vente et des frais de trans-
» ports maritimes. Or, toutes ces sommes : prix de la marchandise,
» commissions et frets, restent aux mains des Anglais, et ne cons-
» tituent nullement un tribut payé à une nation étrangère. C'est,
» on peut le dire, l'Angleterre qui trafique avec elle-même. Il n'y
» a donc aucune atteinte portée à la richesse publique du pays.
» Ces importations sont une apparence bien plus qu'une réalité.
» Ce ne sont ni plus ni moins que des balances de comptes d'An-
» glais à Anglais.

» Est-ce que vraiment nous apprendrions à M. Leroy-Beaulieu
» que les importations des possessions anglaises en Angleterre
» ont atteint, pendant les trois années qu'il signale dans son *Pré-*
» *cis d'Économie politique :*

En 1884 . . . . 2 milliards 395 millions f?
1885 . . 2 — 110 —
1886 . . . 2 — 147 —

« Ne saurait-il pas que ces importations ont atteint :

En 1883. . . . . 2.467.050.000 f ?
1882. . . 2.485.775.000
1881. . . . . 2.288.500.000
1880. . . . . 2.312.975.000

« Autrement dit, ces importations varient entre 2 milliards et 2 ·illiards et demi. »

Aussi je comprends à merveille que les importations augmentent s... cesse sans que le pays en souffre.

En est-il de même chez nous ? Non. Les importations se font chez ... avec des produits étrangers qui prennent sur notre marché ... place des produits français et qui diminuent par conséquent la ...e de travail mise à la disposition de l'ouvrier français.

M. Fleury n'attache aucune importance à la balance du com...ce ; il nous a dit que le relevé des douanes ne peut être assi... à autre chose qu'au livre d'entrée et de sortie du magasin ; ...t un livre tout à fait auxiliaire de cette grande maison de com...ce ; le livre important, selon lui, serait le compte Profits et ...es.

Cela ne prouve point qu'il n'y a pas de balance du commerce. Il y a une balance de commerce pour un peuple comme pour un ...vidu. Seulement, pour le premier, elle est un peu plus diffi... à établir.

Lorsque nous payons nos importations avec des produits manu...rés, notre production intérieure, sollicitée par l'étranger qui ... fait des demandes, se développe progressivement ; la somme ... travail national s'accroît. De plus, on réalise sur la vente de ... produits le bénéfice que tout commerçant prélève sur la vente ... produits qu'il a créés.

Mais quand nous payons avec de l'argent, le résultat est tout ...rent. Notre production reste stationnaire parce qu'au lieu ... nous demander des produits, on nous demande de l'argent ; ... sommes obligés de sortir de notre caisse des valeurs que ... aurions pu économiser. Donc, si après avoir payé l'étranger ... les revenus et le capital de nos valeurs, nous en sommes ...ites à envoyer notre argent au dehors, on ne peut pas dire ... c'est là un signe de grande prospérité.

J'avais établi, et M. Fleury ne l'a point nié, que depuis quinze ans, nos exportations ont été de beaucoup inférieures à nos importations. — M. Fleury a reconnu l'exactitude des chiffres que j'ai produits; seulement, il ne leur attache aucune importance. — Autrefois, nous réglions nos importations avec le bénéfice de nos exportations, mais il n'en est plus de même aujourd'hui.

D'après M. Fleury, nous ne sommes point ruinés pour cela ; si nous ne payons pas avec nos bénéfices d'exportations, nous payons avec les valeurs que nous avons à l'étranger. Cet argument est sans portée, car les valeurs que nous possédons à l'étranger représentent des produits que nous avons antérieurement réalisés ; c'est un capital accumulé, c'est notre épargne. Or, quand on a recours à l'épargne pour payer ses achats, on est dans une très mauvaise situation. Et quand ces valeurs seront épuisées, avec quoi paiera-t-on ?

M. Fleury me permettra de lui demander comment ferait face à ses engagements un commerçant qui aurait vendu : pour 3 468 millions de marchandises en 1880 et pour 3 609 millions en 1889, alors qu'il aurait acheté pour 5 033 millions en 1880 et 3 609 millions en 1889. — Il y a un déficit à payer de 1,565 millions pour 1880 et de 566 millions pour 1889. Toutes les différences se paient en argent. — Quand l'importation n'est pas compensée par l'exportation, la différence se règle par une traite acquittée par la France.

Si un commerçant faisait de semblables opérations, il devrait prendre sur son actif pour payer ses dettes. La France, considérée comme une vaste maison de commerce, ne fait point autrement. D'après les renseignements publiés par M. de Foville, dans la *France économique*, nous trouvons que le capital de la France est de 135 milliards.

Elle a d'abord une fortune territoriale de 53 millions d'hectares, valant, d'après les dernières estimations, *quatre-vingts milliards*	80 milliards
Elle a ensuite ses maisons (plus de neuf millions de maisons), sa propriété bâtie, son outillage, qui valent quarante milliards, d'après les calculs qu'on a institués en vertu des lois récentes.	40 milliards
La nation a donc au soleil.	120 milliards

Le *stock monétaire* actuel est de 5 milliards pour

: et 3 milliards pour le métal argent, y compris
. 2 milliards de la Banque de France, ce qui fait : 8 milliards
A[illegible]outons à cela, pour être complets, des valeurs
[illegible]andises, matériel de voie ferrée, etc. . . 7 milliards
N[illegible] arrivons à un chiffre total, représentant
[illegible]f de la France, de cent trente cinq millards. 135 milliards

[illegible] bien ! Messieurs, c'est sur ce fonds que nous sommes obligés [illegible]endre pour payer aux étrangers l'excédent des importations [illegible]s exportations. Si, par malheur, cet excédent conservait [illegible]ant longtemps les proportions qu'il a depuis 1876, notre [illegible]social disparaîtrait et nous serions ruinés dans un avenir [illegible] moins éloigné. Voilà, ce me semble, un résultat qui n'est [illegible] à désirer.

M. Euverte vous a dit qu'il ne fallait pas s'en rapporter aux [illegible] représentant le total des importations et des exportations, [illegible] pour étudier sérieusement la question, il fallait examiner [illegible]ats d'importation et d'exportation en divisant les produits, [illegible]me le fait l'administration des douanes en trois grandes caté[illegible]

[illegible]ts d'alimentation ;
M[illegible]res nécessaires à l'industrie ;
[illegible]duits fabriqués.

[illegible]te division est, à mon avis, fort défectueuse, et sur ce point, [illegible] m'appuierai sur l'opinion de M. Fleury (c'est le seul où nous [illegible]s du même avis), qui vous a dit « que toutes les industries [illegible]ssent et s'enchaînent et que la matière première de l'une [illegible] produit fini de la précédente ».

[illegible]l'on se reporte aux tableaux des douanes, on trouve dans les [illegible] d'alimentation bien des matières premières qui sont des[illegible] à l'industrie : par exemple, les maïs, dont le Parlement [illegible]e en ce moment, intéressent principalement les distilleries ; [illegible] sont classés dans la catégorie des objets nécessaires à l'ali[illegible]tation. Je pourrais citer d'autres exemples. Pour vous prou[illegible] que cette distinction est absolument arbitraire, je me conten[illegible] de vous lire un passage d'un discours d'un homme dont la [illegible]tence est incontestable en ces matières, de M. Méline :

« Quand on fait le compte des produits manufacturés, on répète [illegible]abitude ceci : Vous n'avez que 400 millions d'importation et [illegible] avez 1 600 millions d'exportation, par conséquent, vous [illegible]aites toujours un bénéfice net de 1 200 à 1 300 millions. Mais

» ce qu'on oublie de dire, et ce qui est l'exacte vérité, c'est qu'il
» y a des produits manufacturés qui figurent ailleurs que dans ce
» chapitre, lequel, dans les états de la douane, est intitulé : Pro-
» duits manufacturés.

» Il y a un chapitre particulier que je recommande tout spécia-
» lement à votre attention, c'est le chapitre des matières premières
» nécessaires à l'industrie. Ce chapitre n'a certainement pas été
» créé à dessein par l'administration des douanes, mais il faut
» avouer qu'il permet, par un trompe-l'œil très habile, de dissi-
» muler étrangement la véritable situation de notre mouvement
» économique au point de vue des produits manufacturés, et je
» vais vous le prouver tout de suite.

» Au chapitre des matières premières nécessaires à l'industrie,
» il semble qu'on ne devrait inscrire que des matières que nous ne
» produisons pas, ou de véritables matières premières destinées à
» être transformées. Il n'en est point ainsi. Voulez-vous que j'énu-
» mère les articles que la douane porte au chapitre des matières
» premières et qu'elle ne considère pas comme produits manufac-
» rés ? Et il se trouve que ce sont précisément les produits manu-
» facturés qui appartiennent aux industries qui se plaignent le
» plus.

» Ainsi, on ne croirait pas que les fils sont portés au chapitre des
» matières premières. Les fils de coton, les fils de laine, les ma-
» tières de soie, qui représentent une importation d'environ six
» cents millions, sont portés à ce chapitre des matières premières,
» et alors on comprend qu'en les déduisant des produits manufac-
» turés, il soit facile d'établir que l'importation n'est que de
» 400 millions. Il y a mieux encore : quand on étudie le tableau des
» douanes, on s'aperçoit que les fils sont portés à l'importation
» comme matières premières et à l'exportation comme produits
» fabriqués, si bien qu'on arrive, de cette façon, à diminuer les
» importations et à augmenter les exportations.

» Les fils seuls sont-ils portés au chapitre des matières pre-
» mières ? Il y a encore les fers, les aciers, les fontes, les nitrates,
» les produits chimiques, les peaux préparées, la soie, la bourre
» de soie. Bref, on voit figurer au chapitre des matières premières,
» en objets véritablement manufacturés, une somme de sept à huit
» cents millions.

» Eh bien, je dis que j'ai le droit de regretter ce classement dans
» les états de douanes, et j'ajoute que, quand on fait un compte

« Pour apprécier la situation économique d'un pays, il faut rap-
« procher des choses semblables.

« Je dis que j'ai le droit de mettre à part l'importation des pro-
« duits manufacturés et je puis y comprendre les fers, la fonte, les
« ... et autres objets, pour les retrouver à l'exportation.

« Assurément, si les importations dont nous nous effrayons se
« rapportaient aux objets alimentaires purs et même aux matières
« premières que nous ne fabriquons pas, je ne me plaindrais
« pas que les importations aient augmenté pour les objets alimen-
« taires, ni pour les matières premières que nous ne pouvons pas
« produire, je me plains que les importations aient augmenté pour
« les articles que nous pouvons parfaitement produire, que nous
« produisions en plus grande quantité en 1859 et que nous ne
« pouvons plus produire, parce qu'une concurrence désastreuse
« nous empêche de le faire. »

Je ne voudrais pas donner à la balance du commerce plus d'im-
portance qu'elle n'en comporte et je reconnais qu'elle ne doit être
envisagée qu'avec précaution. Néanmoins, il est certain que,
de façon générale, elle est favorable lorsque les exportations
dépassent nos importations, c'est-à-dire, lorsque l'étranger nous
demande nos produits et fait par suite progresser notre production
et augmenter la somme du travail national; on a produit plus
qu'on a dépensé et par conséquent on a le change en sa faveur.
Mais quand l'étranger introduit, au contraire, chez nous des pro-
duits que nous sommes en état de fabriquer, il restreint dans une
mesure correspondante la production du pays parce qu'il en
diminue la somme de travail.

Je terminerai sur ce point, en citant un passage du très intéres-
sant ouvrage de M. Domergue : « Plus un peuple achète sans
vendre, plus il tarit la source de son travail et plus il s'appauvrit;
« sa richesse ne peut lui venir que du travail, du travail qui, seul,
procure les moyens d'acheter avec ses salaires et ses revenus,
sans épuiser ses réserves, sans vider sa bourse, sans comme on dit,
« manger son capital ».

J'arrive maintenant à l'un des arguments essentiels de
M. Henry. Il vous a dit que la prospérité de la France avait été
sans cesse en grandissant depuis 1860 : les dépôts dans les caisses
d'épargne ont augmenté, les valeurs successorales de même.

Je reconnais volontiers que ces observations sont justes dans
une certaine mesure. Ce n'est pas le fait qui est contestable, c'est
la cause qu'on lui attribue.

L'épargne heureusement chez nous est incontestable. L'accrois sement du capital des successions n'est point surprenant ; seule ment, pour l'apprécier exactement, il faut tenir compte d'un cer tain nombre de lois nouvelles qui ont changé les droits de per ception. Par exemple, pour les transmissions d'immeubles pa décès, le calcul se faisait, jusqu'en 1872, par une multiplication du revenu au denier 20, c'est-à-dire que, pour déterminer la valeur de l'immeuble, on multipliait le revenu par 20. Mais, maintenant ce n'est pas par 20 qu'on multiplie le revenu, c'est par 25, et de là la valeur des immeubles a augmenté d'un quart.

En outre, le fisc atteint aujourd'hui les valeurs mobilières et les parts dans les Sociétés qui lui échappaient auparavant. Les baux doivent être enregistrés, ce qui permet de reconnaître la valeur des immeubles loués.

Tout cela a contribué dans une large proportion à augmenter la valeur des successions.

La fortune de la France a certainement progressé depuis 1860. — Mais cette augmentation n'est point due à l'accroissement de nos échanges avec l'étranger. C'est, au contraire, le développement de notre marché intérieur qui en est la cause. Il ne faut pas oublier, en effet, que notre marché intérieur absorbe les 4/5 de notre production annuelle et que le 1/5 seulement s'applique à l'étranger.

Revenant à la question des traités de commerce, M. Fleury a reconnu que la dénonciation de celui conclu avec l'Italie nous avait été plutôt favorable que désavantageuse, mais il a ajouté qu'il n'en serait pas ainsi avec toutes les autres puissances et notamment l'Angleterre. Je crois qu'il se trompe sur ce dernier point.

Beaucoup de marchandises, qui sont inscrites à la sortie de France, comme exportées en Angleterre, n'entrent point dans ce pays.

La marine marchande anglaise a une puissance que vous connaissez tous ; c'est elle qui transporte dans les diverses régions la plus grande quantité des produits qui sont exportés d'un pays dans un autre. Or, qu'arrive-t-il ? Parmi les marchandises que la marine anglaise vient chercher dans nos ports, une grande quantité ne sont point débarquées en Angleterre, mais dirigées vers d'autres pays. Je crois que l'abandon des traités de commerce ne changera rien à cette situation.

Dans l'état actuel des statistiques douanières, il est malheu-

...ment impossible de connaître quelle est exactement la pro-
...tion des marchandises françaises qui ne font que transiter.

« Faisons la même réserve, dit M. Domergue, en ce qui concerne les exportations relevées au compte de la Belgique.

« Là encore, le chiffre est inexact, car la Douane française compte à l'importation, comme marchandises belges, bien des produits ..., comme les laines débarquées à Anvers, à destination de notre marché, viennent réellement de l'Amérique.

« Il en va de même pour beaucoup d'autres marchandises, soit à l'importation, soit à l'exportation, qui viennent ou partent des ports de la Belgique. N'est-ce point encore rester dans la vérité que de dire de beaucoup de produits, figurant dans nos exportations, que ce sont des produits étrangers se bornant à passer sur notre territoire pour aller, soit en Italie, soit en Suisse, soit en Allemagne, soit même pour aller s'embarquer à Marseille ? Telles sont certaines marchandises de prix qui peuvent supporter les frais d'un transport par voie ferrée.

« On voit qu'il ne faut attribuer qu'une exactitude relative à ces chiffres, jusqu'au jour où la Douane aura trouvé le moyen, qui lui manque aujourd'hui, de définir les lieux véritables de destination, au lieu de s'en tenir au pavillon du véhicule transporteur. »

Un journal allemand, la *Gazette de Cologne*, s'est livré à une recherche intéressante dans le but de déterminer le chiffre des bénéfices que le commerce allemand procure à l'Angleterre, en faisant passer par des ports britanniques les marchandises expédiées vers les ports transocéaniques ou qui en viennent. En additionnant ces diverses sources de bénéfices, le journal allemand arrive aux chiffres suivants.

L'Angleterre gagne sur le commerce allemand, savoir :

1° Sur le fret.	Liv. st.	3.600.000	»
2° Commission des agents.	—	2.800.000	»
3° Primes d'assurances.	—	453.000	»
4° Intérêts des avances.	—	300.000	»
5° Commissions et salaires. . . .	—	150.000	»
SOIT UN TOTAL DE.	Liv. st.	7.303.600	»

ou de 150 millions de marks (187 millions de francs).

« Il est bon, dit la *Gazette de Cologne*, de ne point perdre de vue, en Allemagne, que, en attendant que la marine marchande et le commerce de l'empire puissent se développer assez pour per-

cevoir eux-mêmes les frais indiqués plus haut, on paie environ un demi-million de marks par jour à l'Angleterre pour des affaires commerciales que nous pourrions bien faire nous-mêmes. »

Autant en dirons-nous aux Français.

D'après M. Fleury, nous importons surtout des denrées alimentaires et des matières premières nécessaires à l'industrie. L'étranger ne nous les impose pas, dit-il, c'est nous qui allons les chercher. Il y a dans ces dernières paroles un simple jeu de mots, et je demanderai à M. Fleury que font en France et, principalement à Paris, ce nombre considérable de représentants de maisons étrangères et surtout allemandes? — Viennent-ils pour acheter nos produits ou, au contraire, pour vendre ceux qu'envoient les industries étrangères, qui souvent n'arrivent à s'écouler chez nous que sous le couvert de marques de fabrique contrefaites, afin de tromper l'acheteur qui, en acquérant ces marchandises, pense avoir des produits français?

Le résultat du droit de douane, vous a dit M. Fleury, est non seulement de frapper le produit étranger à son entrée en France, mais encore d'augmenter le produit français de toute l'importance du droit.

Ceci est complètement inexact. Le produit similaire français n'est jamais surélevé de toute l'importance du droit; le droit de douane ne fait que surélever dans une certaine mesure le prix du produit français, souvent même l'effet ne se produit pas du tout. Je vous en donnerai tout à l'heure un exemple.

« On trouve, dit M. Domergue dans les ouvrages doctrinaires de » cette époque (1860), des chapitres entiers consacrés à déve- » lopper cette idée: qu'un droit *sur le fer et l'acier a eu pour* » *résultat « d'augmenter le prix de la main-d'œuvre, tout en dimi-* » *nuant le salaire de l'ouvrier » (sic!)* Il y est dit: Si vous mettez un » droit sur le fer et sur l'acier, vous augmentez *le prix du mar-* » *teau de l'ouvrier, « l'instrument de son gagne-pain » !* Vous prenez » ainsi sur son salaire; vous prenez sur le salaire encore plus » modeste de l'ouvrière, car vous augmentez le *prix de son* » *aiguille!!!*

» Pas un de ces savants n'avait eu l'idée de compter combien » on pouvait faire de centaines de marteaux et de millions d'ai- » guilles avec 100 *kg* de fer ou d'acier, ces 100 *kg* qui paient » un droit de douane de 1 *f* 50 à 6 *f* lorsqu'ils viennent de » l'étranger, et ce n'est pas certainement le cas de tous les fers et

... les aciers employés à la fabrication des aiguilles ou des ...eaux.

... y aussi la question du charbon de terre avec lequel on a ...ement impressionné le consommateur.

... assez donc ! si la houille est le « *pain des machines* », c'est ... le « *chauffage du pauvre* ». Or, le droit est de 1,20 *f* la tonne. ... elle économie pour l'ouvrier qui consomme peut-être le ...art, mettons la moitié d'une tonne de charbon dans son ...!...

... l'aiguille de l'ouvrière, le marteau du travailleur, le pain ... machines, le chauffage du pauvre et jusqu'à la « *truffe du ...re* », c'est-à-dire le sel... que nous allions oublier... ces ...ces ont vieilli, comme toutes celles du même temps, ... leurs auteurs les ont chantées tant et si bien, qu'ils leur ... fait une espèce de popularité. De même qu'il nous revient ... temps en temps quelques échos des refrains abolis, vous ...contrez encore des gens qui vous disent que « si tout a ...menté, c'est à cause des droits qu'on a mis sur le fer, ... et la houille.

« D'ailleurs, il était écrit que la phalange des faux prophètes se ...perait en tout et pour tout.

« Mais qu'importe ? Ils ont une façon si personnelle et si com... de se tirer d'embarras ! »

... arrive maintenant à la partie des observations qu'a présentées ... ry, en ce qui concerne l'agriculture.

... r et boire, vous a-t-il dit, sont deux besoins impérieux ... faut d'abord satisfaire, et lorsque des droits de douane pèsent ... denrées alimentaires, ils ont des conséquences effroyables. M. Fleury me permettra de lui dire qu'il n'a pas consulté les ...ques relatives au prix du pain, car, autrement, il ne vous ... pas tracé un tableau aussi sombre qu'il l'a fait de la situa... de l'ouvrier, qui voit augmenter le prix du pain chaque fois ...n met un nouveau droit sur le blé.

... ...ars, dans ces dernières années, deux lois, l'une du ... 1885, l'autre du 29 mars 1887, ont imposé des taxes à ... des blés. Quelle a été leur influence sur le prix du pain ? ... point, j'avais invoqué devant vous l'autorité de M. Pouver...r, dont la compétence est incontestable, et je vous avais dit ... droit de 5 *f* sur les blés n'avait eu aucune influence sur le ... pain.

M. Fleury a critiqué cette citation en termes très spirituels, je le

reconnais, mais j'ai le regret de lui déclarer aujourd'hui qu'il s'est trompé.

Il vous a dit que M. Pouyer-Quertier faisait probablement usage du pain riche et que celui-là n'avait en effet pas augmenté ; mais le pain ordinaire, a-t-il affirmé, le pain dont se nourrit l'ouvrier, a certainement augmenté. Je suis allé aux renseignements, Messieurs, et qu'ai-je constaté ? c'est que, n'en déplaise à M. Fleury, le pain ordinaire, celui dont se nourrit l'ouvrier, n'a subi aucune augmentation par suite de l'établissement du droit de 5 *f* sur les blés. Le consommateur ne paie pas son pain plus cher qu'auparavant, et ses charges en tant que contribuable sont diminuées de 68 millions, puisque les droits perçus à la frontière sur les blés étrangers ont procuré cette ressource au budget des recettes. L'intermédiaire, le boulanger, gagne peut-être un peu moins qu'auparavant, mais l'ouvrier ne paie pas son pain plus cher.

Tous ceux qui connaissent les prix des mercuriales et qui les rapprochent des prix de vente à la consommation savent quelle part prennent les intermédiaires avant de livrer les produits agricoles aux consommateurs.

Les prix sont réglés par des syndicats, formés par les intéressés eux-mêmes, qui ne font jouir le consommateur d'aucun des bienfaits que devrait leur procurer le bas prix.

Voici, d'après le ***Bulletin municipal officiel*** de la ville de Paris, l'évaluation du prix du pain pour la première quinzaine de janvier 1890 :

Prix moyen du quintal de farine pendant la quinzaine	Fr.	34.620
Frais de panification.		12.223
	Fr.	36.843

Le rendement étant de 130 *kg* de pain par 100 *kg* de farine, le kilogramme de pain revient à. . . . . Fr. 0.3603

Dans le tableau suivant, j'ai indiqué, d'après les statistiques officielles, le prix moyen du pain de 1875 à 1890.

Moyenne par année de 1875 à 1890.

Année.	Moy. par kilog.
1875	Fr. 0,3644
1876	0,3929
1877	0,4342
1878	0,4398
1879	0,3989
1880	0,4298
1881	0,4313
1882	0,4232
1883	0,4095
1884	0,3717
1885	0,3315
1886	0,3450
1887	0,3515
1888	0,3640
1889	0,3652
1890 (janvier-avril)	0,3585

[illegible]na, le tableau suivant indique le prix de revient moyen [illegible]ain et le prix moyen de vente par les boulangers en 1886 [illegible] 1887.

Prix moyen du pain.

	1886			1887		
	PRIX MOYEN de vente du kilog. de pain dans les boulangeries	PRIX du kilog. d'après l'évaluation officieuse	PRIX MOYEN du quintal de farine type	PRIX MOYEN de vente du kilog. de pain dans les boulangeries	PRIX du kilog. d'après l'évaluation officieuse	PRIX MOYEN du quintal de farine type
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c	fr. c.
Janvier	0,34.98	0,32.54	30,081	0,38.58	0,35.90	34,3[illegible]
Février	0,35.07	0,32.98	30,651	0,38.33	0,35.50	33,9[illegible]
Mars.	0,35.29	0,32.50	30,031	0,38.23	0,35.25	33.688
Avril	0,35.15	0,34.84	30,195	0,38.28	0,35.60	34,570
Mai.	0,35.00	0,32.57	30,129	0,39.66	0,36.50	35,2[illegible]
Juin.	0,35.07	0,32.33	29,812	0,39.30	0,37.55	36,67[illegible]
Juillet.	0,35.05	0,32.93	30,595	0,39.13	0,36.35	35,03[illegible]
Août	0,36.05	0,32.74	30,377	0,38.76	0,34.60	3[illegible],82[illegible]
Septembre.	0,36.63	0,34.00	32,036	0,38.25	0,33.30	31,151
Octobre	0,37.66	0,34.20	32,304	0,37.79	0,33.65	31,5[illegible]
Novembre	0,37.69	0,35.15	33,525	0,37.81	0,33.52	31,[illegible]
Décembre	0,37.97	0,35.25	33,688	0,37.62	0,34.10	32.1[illegible]
Moyennes de l'année .	0,35.96	0,33.50	31.118	0,38.47	0.35.15	33,3[illegible]

Les prix que je viens de vous indiquer sont empruntés aux statistiques officielles.

Devant ces prix, les arguments de M. Fleury tombent d'eux-mêmes.

Aucun partisan des droits à l'entrée sur les blés, le plus important des produits agricoles, ne veut le renchérissement du pain. Ce qu'ils veulent, c'est bien différent, c'est empêcher le prix du blé de descendre au-dessous d'une certaine limite qu'ils considèrent comme dangereuse non seulement pour les producteurs de blé, mais pour le pays tout entier, et surtout pour les ouvriers qui sont, à juste titre, l'objet de la sollicitude de M. Fleury.

Notre sollicitude pour eux n'est pas moindre que la sienne, seulement nous préférons donner aux ouvriers du travail et de bons salaires. Nous pensons que cela vaut mieux que de leur offrir une alimentation à vil prix alors qu'ils ne gagneront pas la modique somme nécessaire pour se la procurer.

Les souffrances de l'agriculture à l'heure actuelle sont malheureusement incontestables. On peut différer d'opinion sur l'intensité de la crise, sur ses causes réelles, sur les moyens d'y remédier, mais on ne saurait méconnaître qu'elle a atteint une gravité exceptionnelle, qu'elle décourage nos cultivateurs et menace de porter atteinte aux forces vitales du pays et à la fortune publique.

Dans certains départements la crise est telle que non seulement les cultivateurs n'obtiennent plus une rémunération de leurs travaux, mais que beaucoup d'entre eux voient disparaître le produit de leurs efforts antérieurs. De là résulte un découragement qui amène non seulement une réduction générale du prix des fermages, mais trop souvent l'abandon même de cultures qui ne payent pas leurs frais.

Toutes les personnes qui s'intéressent à l'agriculture connaissent sa détresse et en sont vivement préoccupées.

Le mal est déjà ancien; il s'est peu à peu aggravé. Les mauvaises années successives que l'agriculture a traversées de 1876 à 188. ont achevé d'épuiser les ressources des fermiers et des petits cultivateurs.

Nombre de fermes sont abandonnées et le prix des baux, autrement dit la rente de la terre, a notablement baissé. Suivant les régions cette diminution atteint 25, 30 et même 50 0/0. Par suite on voit la propriété foncière diminuer sans cesse, au lieu de la voir s'accroître par suite des efforts des propriétaires successifs qui sans discontinuité enfouissent dans le sol des capitaux énormes pour tâcher toujours l'améliorer.

Alors que les valeurs mobilières augmentent sans cesse, est-il juste, est-il conforme à l'intérêt général du pays, que la valeur de la terre aille constamment en diminuant? Il ne s'agit pas ici de l'intérêt particulier de quelques propriétaires et de l'importance de leurs revenus; le mal a pris de telles proportions qu'il ne peut soulever une question d'intérêt particulier; il soulève une question générale de premier ordre.

La diminution du revenu des terres n'est pas la cause de la crise agricole, c'en est plutôt la conséquence. L'augmentation des frais de production est l'une des causes principales de cette crise. Cette

augmentation tient d'abord aux charges et impôts de toute nature qui pèsent sur le pays, particulièrement sur l'agriculture et ensuite à l'augmentation des frais de la main-d'œuvre.

M. Fleury nous a dit que nous supportions facilement les charges de l'impôt; je crois qu'il se trompe. S'il veut bien s'adresser aux intéressés, il verra qu'il en est tout autrement. Si par suite de nécessités que je ne veux pas examiner, et notamment par suite de la nécessité d'entretenir constamment une armée nombreuse, nous sommes condamnés à subir un budget de près de 4 milliards, ne devons-nous pas faire contribuer à nos charges publiques des nations qui envoient sur notre marché des produits similaires à ceux que produit notre industrie nationale et qui leur font une concurrence des plus dangereuses? Tous les millions que nos douanes encaisseront seront autant de millions en moins à demander aux contribuables, de sorte que ce qu'ils perdront comme consommateurs, ils le retrouveront comme contribuables.

Par suite de ces charges le prix de revient des produits agricoles se trouve en même temps augmenté. Or, dans nos industries, quand les frais de production s'élèvent, le producteur n'a qu'une ressource pour échapper aux conséquences de cette augmentation, c'est de vendre ses produits plus cher. C'est ordinairement le remède au mal. Mais, dans la circonstance, il se trouve que, par une sorte de fatalité, bien loin de vendre leurs produits plus chers au moment où les frais de production augmentaient, les agriculteurs se sont trouvés en présence d'un avilissement du prix qui ne s'était jamais vu. Cet avilissement tenait uniquement à la concurrence étrangère.

Si l'on est à peu près d'accord pour reconnaître l'existence de la crise agricole et ses causes, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit du remède à y apporter et c'est ici que les divergences s'accentuent.

A mon avis, le remède doit consister à corriger les deux causes que je viens d'énumérer : ou il faut trouver le moyen de diminuer les frais de production, d'abaisser le prix de revient, ou il faut trouver le moyen de relever le cours des marchandises.

Je pense que les droits de douane, sans être le remède unique, ni une sorte de panacée, sont les moyens les plus prompts et les plus efficaces pour soulager l'agriculture.

M. Fleury n'est pas de cet avis: il tient au contraire pour le premier système et il ne veut pas entendre parler du second.

Il nous dit qu'on peut abaisser le prix de revient par l'emploi

... moyens ; en augmentant les rendements, en introduisant ... les méthodes agricoles les perfectionnements que la science ..., en remplaçant les vieux outils par les machines modernes, ...formant le mode de répartition de la propriété pour faire dis-...re le morcellement qui constitue, je le reconnais aussi, un ...e à la production ; si les terres sont épuisées, il faut leur ...re leur fertilité par les engrais chimiques.

...bons conseils n'ont jamais manqué à l'agriculture. On a dit ...agriculteurs : Vous faites trop de blé ; transformez vos champs ...aries et en herbages et vous gagnerez de l'argent au lieu d'en ...re, vous payez vos loyers trop chers, il faut que les fermages ...t abaissés dans une mesure telle que vous puissiez soutenir ...currence étrangère.

...t cela est fort bien, mais je doute que ces moyens soient de ...re à soulager notre agriculture d'une manière immédiate et ...e.

S... doute, il serait bon, lorsque le sol et le climat s'y prêtent, ...s des herbages à la place des champs de blé ; mais c'est là transformation qui exige beaucoup de temps et d'argent ; on ne ...pas la demander à des agriculteurs ruinés. Sans doute, l'agri-...re doit s'industrialiser et recourir aux moyens de culture in-...s par la science ; or, pour faire de la culture perfectionnée, ...obtenir une amélioration dans le rendement, il faut enfouir ...s la terre des sommes considérables.

Après les années qu'elle vient de traverser, peut-on donner à ...culture de semblables conseils ? C'est absolument impossible. ...t prendre les choses comme elles sont. On peut espérer des ...rations, dans un avenir plus ou moins éloigné, mais il faut ... progressivement, lentement, pour faire comprendre aux ...vateurs l'intérêt qu'ils ont à transformer leur mode de cul-...là où cela est possible. Mais il ne faut pas les pousser dans ...treprises exigeant des capitaux qu'ils sont dans l'impossibi-...e se procurer à l'heure actuelle.

...on abaisse le loyer de la terre de 40 ou 50 0/0, il est évident ...a valeur vénale, qui n'a déjà que trop diminué, descendra ...une proportion égale, sinon plus forte, ce qui serait tout à ...traire à l'intérêt général du pays, comme je vous l'indiquais ...à un instant.

...ant au morcellement du sol, il ne date pas d'aujourd'hui ; il ...depuis bien longtemps, et, s'il a des inconvénients, n'a-t-il ...quelques avantages ? L'acquisition d'un lambeau de terre, si

minime qu'il soit, attache le paysan à son pays et surexcite son ardeur au travail. Il est incontestable qu'il faut encourager cette tendance, afin d'empêcher les populations rurales de se porter en masse vers les villes, disputer aux ouvriers de l'industrie le peu de travail qui leur reste.

Du reste, qu'il soit avantageux ou nuisible, le morcellement existe et on ne voit guère comment on pourrait aujourd'hui le faire disparaître.

Lorsque le tarif des douanes de 1881 fut élaboré, le blé se vendait un prix rémunérateur (28 à 30 *f* le quintal), aussi aucun des orateurs qui portèrent à la tribune les réclamations des populations rurales ne demanda d'augmenter le droit de 0,60 *f* qui frappait ce produit. Il fut seulement admis qu'il ne serait point compris dans les traités de commerce que l'on conclurait à l'avenir.

Mais cette situation ne tarda pas à se modifier, le prix du blé baissa les années suivantes jusqu'à 23 *f* en 1884 et 21 *f* en 1885. Pour répondre aux plaintes unanimes de tous nos cultivateurs, le Parlement éleva, par une loi du 29 mars 1885, le droit sur les blés à 3 *f* par quintal. Cette taxe ne remédia pas à la situation; elle empêcha seulement les cours du blé de diminuer encore, mais elle ne les releva point. Alors, intervint une nouvelle loi du 29 mars 1887 qui porta le droit à 5 *f*. Celle-ci n'a pas encore eu pour résultat de rendre le prix du blé rémunérateur.

Ces deux lois donnèrent lieu à de vives discussions entre partisans et adversaires des taxes. Ces derniers affirmaient qu'elles auraient pour conséquence immédiate une élévation considérable du prix du pain, et seraient ainsi une lourde charge pour un grand nombre de familles d'ouvriers. Ils reçurent des faits un éclatant démenti. Non seulement le prix du pain n'augmenta pas, mais le prix moyen des années 1885 et 1887 fut inférieur à celui de 1884. De 1885 à ce jour, la valeur du pain a toujours été inférieure à ce qu'elle fut pendant les dix années précédentes de 1875 à 1885.

Au contraire, les résultats de l'application des nouveaux droits donnèrent pleinement raison à ceux qui avaient soutenu que le droit ne se répercuterait pas intégralement sur les cours et n'aurait aucune influence sur le prix du pain qui varie, du reste, d'une ville à une autre, alors que le blé et la farine y ont le même cours. Ces deux lois n'ont donc causé aucun préjudice aux ouvriers; elles ont eu pour effet d'empêcher la ruine de l'agriculture française; mais malheureusement elles n'ont point rendu à cette

...ne de notre activité nationale sa prospérité d'autrefois. Le prix du blé n'est pas encore rémunérateur.

En admettant même qu'un nouveau droit sur le blé fasse légèrement augmenter le prix du pain, cette augmentation n'atteindrait jamais 0,05 *f* par pain de 2 *kg*.

Voilà le maximum de sacrifice demandé au consommateur; et, en contre, il y aurait une plus-value payée au vendeur, plus-value qui assurerait le retour de la prospérité dans nos campagnes. Et alors, ces propriétaires que notre collègue M. Fleury ne paraît pas considérer beaucoup, feront de nouveau travailler les ouvriers des campagnes; ces agriculteurs, qui auront retrouvé la prospérité, redeviendront les clients des industriels des villes.

C'est ainsi que les ouvriers retrouveront le travail et les salaires rémunérateurs, ce sera la fin de la crise générale. Je crois que c'est un résultat qui vaut bien le sacrifice demandé au consommateur.

Il y a, en effet, entre les intérêts de l'agriculture et ceux de l'industrie et du commerce, une solidarité plus étroite qu'on ne se l'imagine généralement. Les 18 millions de Français qui pratiquent l'agriculture ou en vivent, sont les premiers et les meilleurs clients des commerçants : ils consomment nos produits industriels autant que leurs ressources le leur permettent. Ils achètent beaucoup dans les bonnes années, peu dans les années médiocres et s'abstiennent tout à fait dans les années mauvaises. D'où il résulte que le commerce et l'industrie subissent forcément le contre-coup des misères de l'agriculture. Une crise agricole entraîne fatalement une crise industrielle.

Au moment où nous recherchons de nouveaux débouchés pour notre commerce, devons-nous négliger 18 millions de consommateurs français qui ne demandent qu'à consommer nos produits et n'en sont empêchés que par la crise agricole. En combattant cette crise dans la mesure de nos moyens, nous obtiendrons de meilleurs résultats et à de moindres frais que par de lointaines expéditions.

Je vous demanderai la permission de vous citer encore ici un passage de l'ouvrage de M. Domergue :

« Le besoin d'échanges internationaux, dit-il, se fait sentir chez
« tous les peuples : c'est une loi de progrès à l'encontre de laquelle il serait puéril et dangereux de vouloir aller. Chaque
« pays a des produits qui lui sont propres et qui dépassent les be-
« soins de la consommation : il a intérêt à exporter le trop-plein.

» La France est elle-même dans ce cas. Elle possède toutefois » un des plus riches marchés intérieurs du monde, un marché de » 25 à 30 milliards, et 46 700 000 consommateurs à pourvoir, en » tenant compte de la population des colonies.

» Voilà ce que les chercheurs de débouchés lointains perdent » souvent de vue.

» *Vingt-cinq milliards!* c'est un joli chiffre d'affaires.

» A la vérité, qu'est-ce que notre commerce extérieur en com- » paraison de celui-là? Pas tout à fait la huitième partie, 3 mil- » liards seulement, et, depuis dix ans, ce chiffre n'a pas varié, » pour ainsi dire, tandis que l'importation grossit toujours.

» Sans doute nous tenons à conserver notre marché extérieur, » quelque relativement modeste qu'il soit, nous souhaitons même » le voir se développer. Mais n'est-ce pas agir en vrai fous que » de lui sacrifier la plus importante de nos ressources, le plus sûr » de nos débouchés? Est-ce un bon ménage qui met la main à la » poche pour acheter ce qu'il peut recueillir de son propre fonds? » qui, pour faire valoir la terre d'autrui, laisse la sienne en » friche? »

Après nous avoir parlé des mines et de la métallurgie, M. Fleury nous a dit que nous avions une supériorité incontestable en ce qui concerne les produits finis, ceux dont l'exécution exige de l'intelligence et du goût; qu'il fallait, par conséquent, transformer nos industries et que les ouvriers passeraient facilement d'un travail à un autre.

Sur ce point, M. le Président a déjà répondu à M. Fleury, et il vous a dit que c'était une grave erreur de croire qu'un ouvrier passait facilement d'un mode de travail à un autre.

Enfin, M. Fleury a terminé en disant que le libre-échange est le seul moyen d'augmenter la production nationale.

Je suis d'un avis tout opposé et je crois vous avoir déjà démontré que j'avais raison. Néanmoins, je vous demande encore la permission de dire quelques mots sur ce sujet, en invoquant l'autorité de notre sympathique Vice-Président, M. Périssé.

Dans une conférence qu'il a faite à l'École des Hautes Études commerciales, le 24 février 1886, et ayant pour titre : *Ni libre-échange ni protection*, M. Périssé a examiné quelles étaient pour la production française les conséquences du libre-échange et de la protection. Il a nettement établi que le libre-échange serait la ruine de la France.

Sa conférence est des plus instructives, et j'aurais plaisir à vous

[illegible] tout entière. Néanmoins, je ne veux pas abuser de vos [illegible] et je ne vous en signalerai que les points principaux.

« Nous avons étudié, a-t-il dit, quels étaient les prix de revient [illegible] machines en France, Angleterre, Allemagne et Belgique, et, [illegible] de notre infériorité à ce point de vue, nous avons recherché quelles étaient les causes des différences dans les prix de [illegible] ent. Après l'Exposition d'Amsterdam, nous en avons fait [illegible] d'un rapport au Ministre du commerce, qui a été publié [illegible] son autorisation, après avoir été présenté à la Société des [illegible] eurs civils, dans le but de provoquer les observations et [illegible] rectifications que cette étude pouvait comporter.

« [illegible] serait trop long de parler ici de cette étude avec quelques [illegible] : nous nous contenterons de dire seulement que la [illegible] n'est pas en décadence industrielle, puisque dans les [illegible] sitions internationales, les machines françaises ont été pri[illegible] pour l'ingéniosité de leurs dispositions et pour leur bonne [illegible] ation ; mais elle est moins bien partagée que ses voisines [illegible] Nord, au point de vue des richesses naturelles et de la posi[illegible] géographique, toutes choses contre lesquelles elle ne peut

[illegible]

« Ainsi : la houille existe en Angleterre et en Allemagne beau[illegible] plus pure et de meilleure qualité qu'en France : qu'y pou[illegible] nous ? Les couches de ce précieux combustible minéral [illegible] plus puissantes et plus faciles à exploiter qu'en France : [illegible] pouvons-nous ?

« Au point de vue des ports de mer naturels et des rivières [illegible] lesquelles les marées se font sentir au loin, notre infério[illegible] est notoire principalement vis-à-vis de l'Angleterre : qu'y [illegible] vons-nous ?

« [illegible] trouver en France, dans le voisinage de la mer et d'une [illegible] à marées, la houille abondante à côté du minerai abon[illegible] t, comme dans le Cleveland, en Angleterre ? Nulle part.

« Nos [illegible] sements de houille étant pour la plupart loin de la mer, [illegible] grands centres industriels sont donc loin de la mer. Com[illegible] t alors lutter sur le marché étranger, puisque nous avons [illegible] supporter, en outre, un transport forcément plus coûteux ? Car [illegible] transactions pour l'exportation se traitent le plus souvent au [illegible] d'embarquement, la voie maritime étant la voie de transport [illegible] plus économique.

« Au point de vue des impôts, n'avons-nous pas de plus lourdes [illegible] es, en raison de nos désastres récents et de l'obligation

» dans laquelle nous sommes de perfectionner notre outillage na-
» tional puisque la nature nous a moins favorisés? Les impôts
» représentent en France près de 100 *f* par tête, tandis qu'ils ne
» dépassent guère 50 *f* dans les autres pays.

» Il n'est pas contestable et il n'a été contesté par aucun homme
» technique, qu'au point de vue du prix de revient du fer et de
» l'acier et de la plupart des machines, notre infériorité est inévi-
» table vis-à-vis de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Belgique.
» Ceux qui l'attribuent à l'imperfection de nos procédés et de
» notre outillage industriel se trompent. Notre infériorité pour les
» industries dont il s'agit, et pour bien d'autres, tient à ce que
» nous sommes moins bien partagés que nos voisins, au point de
» vue de l'importance de leurs richesses naturelles et de leur si-
» tuation géographique. »

Ensuite M. Périssé examine quelles seraient pour la France les conséquences de l'adoption du libre-échange pour diverses branches de notre activité nationale.

« Avant le libre-échange, une compagnie française de construc-
» tion de machines fournissait du matériel industriel au fabricant
» de sucre son voisin dans le nord de la France. Depuis la sup-
» pression des droits aux frontières, la concurrence anglaise et
» allemande a fait fermer les ateliers du mécanicien, et le fabri-
» cant de sucre prend ses machines en Angleterre, en échange
» de livraisons de sucre. Mais au bout de quelque temps, le corres-
» pondant anglais écrit: « Je ne peux plus continuer à vous ache-
» ter du sucre, car j'ai intérêt à l'acheter en Allemagne, d'où il
» me revient meilleur marché ».

» Alors le fabricant de sucre réunit les cultivateurs qui lui
» fournissent la betterave et les ouvriers qui lui donnent la main-
» d'œuvre et il leur dit : « Je vendais ma production moitié en
» France, moitié en Angleterre ; mes affaires allaient bien, mais
» voilà que l'Angleterre achète maintenant du sucre allemand qui
» lui est vendu meilleur marché. Il faut donc, ou que je réduise
» de moitié le nombre de mes ouvriers et la quantité de bette-
» raves, ou bien que vous fassiez les uns et les autres un sacrifice
» en réduisant vos prix, auquel cas je vous assure que je conti-
» nuerai à vous employer tous et à vous acheter des betteraves
» dans la même proportion ».

» Les ouvriers ne trouvant pas à s'occuper dans d'autres indus-
» tries, acceptent une diminution de salaire. Ils le peuvent, à la

...eur, puisque les denrées alimentaires et les vêtements seront meilleur marché, étant plus abondants sur la place, et, ...plus offerts.

Quant aux cultivateurs, ils acceptent aussi de réduire le prix de leurs betteraves, car ils ne peuvent pas faire autrement. Leur terre ne peut pas produire de vin, ni autre chose dont le ... soit aussi rémunérateur que celui de la betterave, même ... diminue. Ils ne veulent pas laisser leurs terres incultes ; ce serait perdre le patrimoine qu'ils ont reçu de leurs parents ... qu'ils ont le devoir de transmettre à leurs enfants. D'ailleurs, comme les outils, les vêtements et autres objets de consommation coûtent moins cher, ils peuvent arriver, en bien travaillant, à vivre eux et leur famille, mais à la condition de supprimer ... petites jouissances qu'ils se donnaient de temps en temps, c'est-à-dire un voyage, un objet d'ameublement, qui augmentait le confortable de leur intérieur, etc.

Conclusion : Le grand constructeur mécanicien a disparu ; il s'est fait industriel d'art, ou bien il a considérablement réduit ses ateliers pour se borner à construire des machines brevetées sur lesquelles il a un monopole de quelques années encore. Le fabricant de sucre est resté dans la même situation ; il paie moins cher ses betteraves, ses machines, sa main-d'œuvre, mais il vend son sucre moins cher. Les ouvriers sont restés dans la même situation, ils ont perdu comme producteurs ce qu'ils ont gagné comme consommateurs. Les cultivateurs ont perdu, pour continuer à vivre sur leurs terres, ils sont obligés de [illegible]raver, de se restreindre sur le petit superflu qu'ils pouvaient se donner avant l'établissement du libre-échange.

Un constructeur de travaux et ponts métalliques des environs de Paris réunit ses ouvriers et leur dit : « Depuis que le libre-échange existe, je lutte avec quelque avantage contre la concurrence étrangère sans avoir eu jusqu'ici besoin d'avoir recours à une diminution de salaire, lequel est, vous le savez, beaucoup plus élevé qu'en Allemagne et en Belgique. J'ai pu lutter, parce que je suis puissamment outillé et très bien secondé par mes collaborateurs dont la supériorité technique s'est affirmée dans les concours qui ont eu lieu, vous le savez, dans plusieurs pays étrangers, à propos de grands ouvrages métalliques. Les Français sont toujours sortis victorieux de ces concours internationaux.

« Je paie mes fers plus cher que les étrangers parce que je dois

» payer le transport depuis la forge étrangère jusqu'à nos ate-
» liers; mais, par contre, étant en France, plus près du lieu d'em-
» ploi, j'ai des frais de transports moindres pour les fers déjà
» manutentionnés et prêts à être posés. Seulement les affaires
» baissent parce que je ne reçois plus autant de commandes de
» l'étranger. Mes concurrents se perfectionnent, l'habileté de
» leurs ingénieurs augmente et atteindra bientôt celle des nôtres,
» de sorte que, plus favorisés que moi, au point de vue du prix
» de revient, à l'atelier, ils m'ont déjà enlevé plusieurs affaires
» hors de France.

» Aujourd'hui une grosse affaire se présente et voilà pourquoi
» je vous ai réunis. Il s'agit de la construction de tous les ponts
» à établir pour les chemins de fer du Tonkin. Vous savez que nous,
» Français, qui avons versé notre sang, qui avons dépensé notre
» argent pour ouvrir le Tonkin — au commerce du monde entier,
» — vous savez que nous ne nous sommes réservé aucune situa-
» tion privilégiée. Nous devons le regretter. Eh bien! la construc-
» tion des ponts va nous échapper, parce qu'en raison surtout du
» prix de la main-d'œuvre que vous me demandez, je ne pourrai
» pas lutter contre les Anglais, les Allemands ou les Belges.

» Vous allez me dire que les ouvriers anglais gagnent autant et
» peut-être plus que vous. Mais vous savez que la position insu-
» laire et les richesses naturelles de l'Angleterre en houille et en
» fer abaissent le prix de revient du constructeur anglais, et que
» le fret étant moins élevé au départ d'Angleterre qu'au départ de
» France, il y a là pour eux un autre motif de diminution du prix
» de revient.

» Mais, vous le savez bien, les ouvriers belges ou allemands
» gagnent moins que vous. Je ne peux donc pas lutter sur le
» marché étranger avec mes concurrents de Belgique et d'Alle-
» magne qui ont les fers à meilleur marché et aussi la main-
» d'œuvre. Donc, si vous voulez que nous fassions les ponts du
» Tonkin, baissez un peu votre salaire, sinon, il faudra céder la
» place aux étrangers, et je serai dans la pénible obligation de
» remercier une partie d'entre vous.

» Les ouvriers acceptent la proposition de leur patron et, finale-
» ment, ils sont dans la même situation qu'avant le libre-échange.

» Un raisonnement identique serait tenu s'il s'agissait de cons-
» tructions métalliques à faire en Tunisie, où, malgré notre pro-
» tectorat, les Français et les étrangers sont soumis au même
» régime commercial. »

M. Périssé a terminé sa conférence par l'examen des deux questions suivantes :

« 1° L'établissement du libre-échange aurait-il pour effet d'augmenter ou de diminuer le bien-être de la majorité des Français ?

« 2° La France, comme nation, serait-elle élevée ou abaissée par le libre-échange.

« Première question. — Rappelons d'abord que chacun est producteur ainsi que consommateur, que chacun ne doit consommer que jusqu'à concurrence de ce qu'il produit, et, s'il consomme davantage, il touche à la réserve et s'appauvrit. Un individu marche donc vers sa ruine quand il dépense plus qu'il ne gagne ; de même il épargne et s'enrichit en augmentant son capital lorsqu'il produit plus qu'il ne consomme.

« Néanmoins, le producteur se distingue du consommateur. En effet, le producteur offre le résultat de ses efforts et de son travail, il cherche à en augmenter la valeur le plus possible, de façon à recevoir en échange le plus possible d'autres produits et d'autres services qui lui sont utiles et qui répondent à ses besoins, à ses désirs. Il devient alors « demandeur », et il recherche l'utilité des produits ou des services, alors que, comme producteur, il n'avait en but que leur valeur.

« Chacun est donc bien, à la fois, producteur et consommateur et doit être considéré en cette double qualité qui semble être [illegible] de part et d'autre, soit pour ne pas nuire à une argumentation, soit pour satisfaire des intérêts.

« Si l'on pouvait considérer tous les peuples de la terre comme n'en formant qu'un seul, la qualité de consommateur l'emporterait et s'harmoniserait avec l'intérêt public. Le libre-échange, en effet, conduit à une meilleure utilisation des richesses et des forces gratuites que la nature a mises à la disposition de l'humanité. D'ailleurs, ne l'oublions pas, la consommation est le but définitif de tout effort, de tout travail, de toute production. Et, ce à quoi nous aspirons tous, c'est que chacun de nos efforts réalise pour nous la plus grande somme possible de bien-être.

« Mais, ramenée au point de vue de l'intérêt des Français, la question n'est plus la même. Elle demande à être examinée dans l'espèce au point de vue des résultats, par rapport à ce qui existe actuellement.

» En résumé, nous croyons que les Français perdraient comme
» producteurs, comme donneurs de services. Or, les produits s'é-
» changent contre des produits, les services contre des services,
» nous n'en recevrions que jusqu'à concurrence de ceux que
» nous donnerions.

» Sur le marché français, même après l'établissement définitif
» du libre-échange, les choses ne seraient donc pas plus abon-
» dantes. Le seraient-elles tout autant? Oui, si la diminution dans
» la valeur de nos produits nationaux était équivalente à la dimi-
» nution dans la valeur des produits échangeables; en un mot, si
» nous avions gagné comme consommateurs ce que nous aurions
» perdu comme producteurs. Dans ce cas, le bien-être n'aurait
» pas augmenté, il serait resté le même.

» Il n'y aurait, en définitive, aucun avantage, mais les Français
» se seraient appauvris, ils auraient perdu une partie de leur
» capital en réserve. De plus, il aurait fallu traverser une période
» de transition semée de ruines et de souffrances. On aurait donc
» perdu à ce double point de vue sans pouvoir espérer un profit
» ultérieur.

» Les Français n'ont donc pas intérêt au libre-échange.

» A un autre point de vue, la localisation des industries par
» pays créerait, au bout de quelque temps, un monopole pour un
» ou plusieurs pays mieux placés ou plus favorisés que les autres,
» pour telle ou telle industrie dont les produits s'imposent. Il
» arriverait que ce ou ces pays syndiqués deviendraient maîtres
» du marché, les concurrences étant éteintes, et qu'ils pourraient
» arbitrairement augmenter la valeur de leurs produits pour aug-
» menter leurs produits au préjudice de leurs voisins dont les
» produits n'auraient pas une utilité absolue.

» En un mot, le monopole pourrait exister, non pas au profit de
» quelques producteurs nationaux, comme dans le système pro-
» hibitif, mais au profit de producteurs étrangers contre lesquels
» on serait impuissant. Il pourrait survenir une crise plus nuisible
» aux intérêts des Français que sous le régime actuel.

» En établissant la concurrence sur le marché français, entre
» les produits nationaux et les produits étrangers, on n'aurait à
» craindre ni le monopole ni l'arrêt dans le progrès. Nos indus-
» tries nationales seraient stimulées par la concurrence; mais
» elles auraient la possibilité d'exister. C'est là un poids très im-
» portant par rapport à l'intérêt national. C'est l'objet de la der-
» nière question qu'il nous reste à examiner.

« Deuxième question. — La France, comme nation, serait-elle ... ou abaissée par le libre-échange.

« Sur ce point, notre opinion est formelle. La nation française ...rait amoindrie, et abaissée par le libre-échange.

« La disparition de ses grandes industries métallurgiques et ...aniques lui enlèverait les moyens de fabriquer elle-même ses armes, ses outils, ses vaisseaux de guerre, ses rails et ses ...motives. Tous ces objets nécessaires à son existence lui ...raient fournis par ses voisins, les Anglais, les Allemands ou ...s Belges, qui pourraient fabriquer le fer et l'acier nécessaires ... monde entier pendant plusieurs siècles.

« Il est vrai que la France fournirait de l'autre côté de la Manche ...t du Rhin des œuvres d'art, des objets et des produits artis...es, de beaux bijoux, des vins délicats, des modistes, des ...ffeurs et des cuisiniers!...

« Poser la question c'est la résoudre.

« Lorsqu'un peuple ne peut plus fabriquer ses armes et l'ou...ge national, ce peuple dégénère. Il perd son indépendance ...t, nous le répétons encore, nous ne croyons pas que l'humanité ...sse entrer pour toujours dans la paix et dans la justice. Elle ... serait pas l'humanité, si cela pouvait être. Lisons son histoire ...puis quatre mille ans, et nous y verrons que presque toujours la ...e a primé le droit. Sans doute, des progrès ont été accom...s, l'humanité est perfectible, elle marche vers une civilisation ...s grande, mais le moment est-il venu pour nous de désarmer ...t de présenter seulement le Droit, la justice et les intérêts ma...els pour résister à la Force, à l'Injustice et à la Domination?

« Nous ne le croyons pas, ce serait être dupes, et nous disons :

« Soyons forts, si nous voulons rester libres. La première condi...n pour être forts, c'est de ne pas être à la discrétion de nos ...sins pour l'armement et pour l'entretien incessant de nos ...senaux. De même qu'il faut perfectionner toujours l'outillage ...la paix, de même, nous ne le savons que trop, il faut perfec...ner sans cesse l'outillage de la guerre. Le pourrions-nous, ...s Anglais et les Allemands nous fournissaient nos chemins de ..., nos armes et nos vaisseaux de guerre? Non, certainement.

« En perdant notre indépendance, nous perdrions notre dignité ... notre influence morale.

« Voilà pourquoi nous ne voulons pas du libre-échange ; nous ...repoussons parce que nous voulons que notre patrie française ...reste grande, forte et libre. »

Il est incontestable, Messieurs, que l'industrie supporte en ce moment une crise violente et prolongée. Cette crise a deux causes : d'abord l'augmentation de l'importation étrangère qui est telle que tandis que jusqu'en 1876 nos exportations se balançaient sensiblement avec nos importations, aujourd'hui les importations l'emportent sur les exportations d'une quantité considérable. Elle a aussi une autre cause : nos industries pour le plus grand nombre travaillent surtout pour le marché intérieur, et il faut que les agriculteurs (j'appelle ainsi les propriétaires fonciers, les cultivateurs, les fermiers, les ouvriers de la culture et tous ceux qui en vivent), il faut que les agriculteurs puissent mettre les deux bouts l'un vers l'autre pour acheter les produits de l'industrie.

C'est ainsi que la détresse de l'agriculture rejaillit sur l'industrie, et c'est de la détresse de l'agriculture que vient la crise industrielle.

Lorsque le tarif des douanes a été revisé en 1880, nous n'étions plus dans la même situation qu'en 1860; les charges du pays s'étaient considérablement aggravées et avaient augmenté dans des proportions énormes les frais de production de nos industriels et de nos agriculteurs. C'est une raison pour relever nos tarifs. Nous en avions une autre, c'est que tous nos voisins avaient relevé les leurs. Et puis, à cette époque, on apercevait déjà dans le lointain les conséquences inévitables de la révolution économique dans les moyens de circulation et de transport qui a mis tous les marchés du monde les uns à la portée des autres et les a rendus à un tel point solidaires qu'ils ne forment pour ainsi dire plus qu'un. Nous avions donc en 1881 le droit incontestable de relever nos tarifs; cependant nous ne l'avons pas fait. Nous nous sommes montrés généreux envers nos concurrents; nous avons même aggravé notre situation puisque nous avons diminué ou supprimé les droits sur un grand nombre de produits.

Ce système, s'il a été funeste pour nous, a été fort avantageux pour nos concurrents.

M. Simon vous a fait remarquer à la dernière séance que nous étions le pays le plus chargé d'impôts. Je ne suis point partisan des prohibitions, mais j'estime que l'impôt est dû par tout le monde. Eh bien! lorsque tous les produits français paient une surcharge, il est juste que les produits étrangers paient un droit identique; le droit de douane n'est donc en réalité qu'un droit de compensation. Quand les produits étrangers arrivent sur notre territoire, ils se servent de nos canaux, de nos routes, de nos che-

... de fer, construits avec l'argent des contribuables français. ... profitent de la sécurité de notre police. En équité, peut-on con... à l'État le droit de faire payer aux produits étrangers une ... de la sécurité et des profits qu'ils trouvent sur notre terri...?

En France, la moyenne de l'impôt par habitant est de 115 *f* tandis qu'elle n'est que de 35 *f* en Amérique. Une fabrique américaine ...oyant 2 000 personnes ne supporte donc qu'une charge de 70 000 *f* tandis qu'une fabrique française occupant le même nombre ... vriers paye au Trésor 230 000 *f*. C'est une différence de 160 000 *f* ... désavantage de la fabrique française, qui sera dans l'obligation ... fermer ses ateliers s'il n'y a pas de droits compensateurs.

... ant mieux, dit-on, le consommateur achètera les produits amé... ... à 160 000 *f* meilleur marché.

... seulement l'usine qui rapportait 230 000 *f* au Trésor ne rap... ...tera plus rien. C'est 230 000 *f* qu'il faudra prendre dans la mai... des consommateurs sous forme de nouveaux impôts. Ils auront ... 160 000 *f* en perdant 230 000 *f*, tout cela en ruinant la pro...tion française.

Au moment où nous allons reprendre notre liberté d'action, ce ... t un crime que de commettre la même faute. L'état actuel de ... on fait heureusement espérer qu'il n'en sera point ainsi. ... partisans du libre-échange sont en infime minorité dans le ... ment. D'un autre côté, à de rares exceptions près, les con... généraux, dans leur dernière session, ont été unanimes pour ...ander que les traités de commerce soient dénoncés et qu'à ... nir la France conserve sa liberté d'action.

Il est incontestable qu'il y a unanimité presque absolue dans ... la France pour établir cette ligne de conduite, la seule qui ... réellement conforme aux intérêts de l'industrie comme à ceux ... agriculture, c'est-à-dire à ceux des travailleurs de toutes les ... s de la société.

... saurais mieux faire que de vous citer encore ici un passage M. Domergue : « Il est certain, dit-il, qu'en théorie le libre-... change est séduisant, comme tout ce qui évoque une idée de ... lations amicales, de paix et de fraternité universelle, ou d'a... cheminement vers cet idéal. Il peut même se faire qu'à un mo... ...ent donné, il entre dans le domaine des choses réalisables, ... quand l'évolution économique du globe sera terminée. Mais s'il ... possible que le libre-échange soit l'avenir, la protection est ... la nécessité du moment.

» Sous prétexte que dans certains pays plus favorisés que le » nôtre on file, on tisse, on forge, on fabrique à meilleur compte, » nos travailleurs doivent-ils cesser de filer, de tisser, de forger, » de fabriquer?

» Que ferez-vous de nos paysans français qui sont plus de vingt » millions? En attendant l'âge d'or que vous nous promettez, » avez-vous un moyen de les faire vivre autrement qu'en travail- » lant la terre? C'est le seul qu'ils connaissent. Si vous ne pouvez » pas leur en indiquer un autre, souffrez qu'ils s'en tiennent à » celui-là, et permettez-nous de les empêcher de mourir de faim » provisoirement.

» Encore vingt-cinq ans de votre régime, c'est plus qu'il n'en » faut pour achever de ruiner la France : permettez-nous de la » sauver. »

Messieurs, je ne reviendrai pas sur la question du double tarif: je l'ai examinée dans une précédente séance. Je termine en concluant :

1° Que nous devons dénoncer les traités de commerce actuels et ne point les renouveler;

2° Établir un double tarif; le tarif minimum étant suffisamment élevé pour permettre à l'agriculture de se relever et à l'industrie de soutenir la concurrence étrangère.

CHRONIQUE

N° 125.

[illegible] — Accident du paquebot *City of Paris* — Pose d'une conduite sous l'eau.— [illegible] d'alimentation des chaudières.— Locomotives américaines.— Tramways de la [illegible]-Bretagne.— Prix du charbon pour locomotives en Angleterre.

Accident du paquebot *City of Paris*.— L'accident arrivé récem[illegible] au paquebot *City of Paris*, de la ligne Inman, a eu un immense [illegible]ment dans le monde maritime. Comme il comporte des ensei[illegible] de plus d'une nature, et qu'il a déjoué pour ainsi dire toutes [illegible] humaines, nous croyons utile d'en reproduire les parti[illegible] les plus intéressantes.

Nous avons donné, dans la chronique de mai 1889, page 870, une [illegible] assez complète de ce navire et de son appareil moteur pour [illegible] suffise de rappeler ici que le *City of Paris* est mû par deux hélices [illegible] chacune par une machine à triple expansion, développant [illegible] chevaux indiqués environ. Chaque machine est composée de [illegible] cylindres accolés dont chacun commande un coude de l'arbre ; ces [illegible] sont respectivement 1,214 m, 1,796 m et 2,880 m avec course [illegible] pour tous de 1,525 m. Le premier cylindre reçoit la vapeur [illegible] chaudières à la pression effective de 10,5 *kg*. Les arbres font [illegible] de 87 à 88 tours à la minute. Les deux machines sont [illegible] dans un compartiment isolé de l'autre par une cloison étanche, [illegible] dans l'axe longitudinal de la coque. Cet isolement, de même [illegible] division du moteur en deux parties, division nécessitée d'ail[illegible] par l'énormité de la puissance à développer, semblait une garantie à [illegible] absolue de sécurité, ce qui permettait à la Compagnie Inman [illegible] dans ses annonces que jamais navire plus sûr n'avait traversé [illegible].

[illegible], voici d'abord les faits, tels qu'ils sont exposés dans l'*Engi*[illegible] du 4 avril dernier. Le mardi 25 mars, à 5 heures 30 du soir, [illegible] que le navire faisait route vers la côte d'Irlande, à sa vitesse [illegible], par beau temps et dans les conditions les plus favorables pour [illegible] prochainement à l'achèvement heureux de sa première année de [illegible] cylindre à basse pression de la machine de tribord se brisa [illegible] pièces, sa rupture amena celle des tuyaux de prise d'eau [illegible] et une perforation de la cloison étanche qui sépare les deux ma[illegible], de sorte que les deux compartiments se remplirent rapidement. [illegible] s'arrêtèrent, celle de tribord la première, et l'autre peu après. [illegible] fut grand parmi les passagers, mais il n'y eut rien qui ressem[illegible] panique, l'attitude calme du capitaine Watkins [illegible] [illegible] de danger immédiat. Le navire n'avant pas de voilure, il [illegible] qu'à attendre des secours, on fit, néanmoins, par mesure de [illegible], tous les préparatifs de sauvetage convenables, on fit disposer [illegible] embarcations et distribuer des ceintures de sauvetage aux passagers.

Le paquebot dériva pendant quarante heures, pendant lesquelles on dut mettre tout le monde aux pompes à bras pour tenir le navire à flot, les pompes à vapeur étant sous l'eau. Enfin le navire fut rencontré par l'*Aldersgate* et remorqué par lui jusqu'à Queenstown, où des plongeurs bouchèrent les ouvertures des prises d'eau, ce qui permit de vider le navire ; celui-ci put alors, avec le secours de la machine de bâbord, restée intacte, gagner Liverpool où on le fit immédiatement passer à la forme pour rechercher la cause du désastre et examiner l'état de la coque.

Le fait brutal est celui-ci : un navire pourvu de toutes les installations nécessaires pour assurer la sécurité et le confort des passagers a vu instantanément annihiler la totalité de sa puissance motrice, de ses moyens d'épuisement. Tous les appareils mécaniques de manœuvre de gouvernail, de levage, d'éclairage électrique, etc., 37 machines auxiliaires, la plupart hydrauliques, ont été supprimés et on a été réduit aux moyens les plus primitifs qu'on rencontre sur le plus simple voilier. La coque du navire a reçu près de 3 000 m^3 d'eau et il est certain que si le paquebot se fût trouvé en plein Océan, au lieu d'être près de la côte d'Irlande et que le temps eût été quelque peu mauvais, les cloisons étanches, qui, d'après des témoins oculaires, prenaient des flèches effrayantes, auraient fini par céder et il est probable qu'on n'aurait jamais plus entendu parler du *City of Paris* ni des 1 000 personnes qui étaient à bord.

Voici maintenant comment l'accident peut être expliqué. Dès que le navire fut à sec dans la forme, on s'aperçut que l'hélice de tribord était de beaucoup en arrière de l'autre, et que son arbre se trouvait cassé dans le tube par lequel il sort de la coque. Comme les deux faces de la cassure étaient rouillées, il n'était pas douteux que la rupture n'eût eu lieu à la mer et ne fût dès lors le point de départ de la catastrophe. Il y avait tout d'abord à rechercher la cause de cette rupture.

L'arbre de l'hélice était enveloppé comme d'habitude d'un manchon de bronze de 25 *mm* d'épaisseur, frottant sur le coussinet de support. Il s'était, pour une cause quelconque, produit une usure anormale entre les parties en contact. Le manchon de bronze avait entièrement disparu dans cette partie et l'arbre lui-même, en acier Vickers de 520 *mm* de diamètre, avait été fortement entamé, ainsi que le support en acier coulé dans lequel il tournait. Celui-ci contenait une garniture en gayac qui avait complètement disparu ; ces diverses usures avaient amené une dénivellation qu'un témoin estime à près de 20 *cm*. On comprend que la flexion résultant de ce fait combinée avec l'effort de torsion dû au travail de propulsion ait amené la rupture de l'arbre.

Un journal américain rapporte le témoignage d'un passager du *City of Paris*, qui, se trouvant à l'arrière du navire au moment de l'accident et entendant un bruit et une vibration générale de la coque analogue, dit-il, à ce qu'on éprouverait sur un train déraillé et roulant sur les traverses de la voie, eut l'idée de regarder par-dessus la poupe et vit que l'hélice de tribord continuait à tourner lentement, bien que la machine correspondante fût déjà à ce moment entièrement démolie.

Il est certain que la suppression brusque de la résistance dans une machine développant 10 000 chevaux à une vitesse de 85 tours a dû

…er une accélération formidable de la vitesse avant que les mécani… s puissent même s'en apercevoir. Les masses en mouvement avaient … valeurs énormes ; ainsi le grand piston pesait 10 tonnes, sa tige 3, … tête 2, la bielle 7 ; total 22 tonnes.

… a cherché à expliquer la rupture du grand cylindre par la com… …ssion qui se serait produite avec l'emp… …ment de la machine de la … que le condenseur n'aurait pas pu absorber assez rapidement. … vapeur comprimée aurait fait voler en éclats les fonds des cylin… … On explique également la rupture du cylindre par celle de l'em… …ent du piston et de la tige. Le piston étant devenu libre aurait … le cylindre. Diverses autres explications ont été présentées, quel… …es unes très originales mais plus ou moins vraisemblables ; on pour… … faire un volume là-dessus. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'une … la tige libre et le cylindre brisé, les pièces attachées à la manivelle … grand cylindre continuèrent, sous l'action des deux autres cylindres … …cuter leur mouvement de rotation suivant un cercle le diamètre …rme en brisant tout sur leur passage.

De ces avaries, deux eurent une gravité particulière : La rupture du … …teur amena l'invasion du compartiment de la machine brisée par … qui passait librement de la mer à l'intérieur par les pompes de … …ulation du type centrifuge.

D'autre part, la tige du piston formant marteau perfora la cloison … …he séparant les deux machines, et l'eau du compartiment de tribord …ssant dans l'autre par les déchirures de la cloison, noya également le …partiment de bâbord et réduisit à l'impuissance la machine restée … Cette eau, en s'introduisant par des ouvertures de 0,50 m de dia… …tre avec une charge de plusieurs mètres, mit moins de dix minutes … remplir entièrement le premier compartiment et à peine une demi… … pour noyer le second.

Il est difficile de se faire une idée de l'état de destruction de la partie … machine correspondant au grand cylindre, à moins d'avoir eu … les yeux les photographies qui ont été données par les journaux … …us. Il nous suffira, pour en donner une appréciation, d'indiquer … en dehors de l'arbre légèrement tordu mais resté dans ses supports, …restant encore attachée à la manivelle la bielle courbée sur une flèche … 0,30 m et la tige du piston cintrée en demi-cercle, il ne reste rien … dessus de la plaque de fondation que 1 m environ des grands bâtis … en acier coulé pesant 14 t ; au-dessus gisent, dans un fouillis …rable, les débris de la machine depuis les deux morceaux du …dre brisé suivant les génératrices représentant 43 t, jusqu'à de … morceaux de fer tordus et enchevêtrés provenant des parquets, … …corps, tringles de manœuvres, etc., sans oublier le condenseur … dont les tubes sortent à demi.

… sait que le *City of Paris* avait une coque à double fond. La paroi …rieure du fond a été déchirée, mais la paroi extérieure est restée … Le fait le plus grave a été la déchirure malencontreuse de la … entre les deux machines, qui a amené l'annihilation de la …, laquelle, sans cette circonstance, eût amené le navire à bon … avec les deux tiers de sa vitesse normale.

Comme nous l'avons dit au début, il y a de précieux enseignements à retirer de cet accident sans précédent, que bien peu de chose pouvait changer en une catastrophe irréparable. Les Anglais y voient surtout le triomphe de la science du constructeur de navire, la coque étant demeurée absolument intacte au milieu d'un désastre inouï, et cette résistance ayant assuré le salut des passagers et de l'équipage. D'autres, moins optimistes, parmi lesquels les journaux américains, considèrent que la manière dont les choses ont tourné a dépendu surtout du peu de distance de la terre et du beau temps, et que, sans méconnaître les qualités du navire, on peut craindre que, dans des circonstances moins favorables, on n'eût peut-être jamais entendu parler du *City of Paris* et de ce qu'il portait. Évidemment, il sera toujours impossible d'empêcher la rupture d'un arbre d'hélice ; il s'en est rompu des centaines, même à la mer, mais jamais avarie de ce genre ne s'est traduite par des conséquences aussi graves, autant du moins qu'on peut le savoir.

L'application de régulateurs efficaces pour prévenir l'emportement de la machine n'aurait-elle pu empêcher la destruction de celle-ci ? Les journaux anglais sont remplis de discussions sur cette question, comme sur tout ce qui se rattache à l'accident.

On a fait observer avec raison que, dût-on entretenir en permanence un homme la main sur la commande de la valve de prise de vapeur des machines, prêt à la fermer à la moindre alerte, la dépense serait absolument insignifiante sur un paquebot dont chaque traversée coûte des sommes considérables, surtout en regard des conséquences que cette précaution pourrait prévenir.

Admettons à la rigueur la démolition de la première machine, telle qu'elle s'est produite : devait-elle forcément entrainer l'envahissement complet de la chambre de cette machine sans qu'on pût tenter le moindre effort pour s'y opposer? Il est probable qu'on pensera à mettre maintenant des vannes de fermeture des prises d'eau, manœuvrables depuis les ponts supérieurs, comme on le fait pour les vannes des cloisons étanches.

Continuons. L'inondation du premier compartiment devait-elle inévitablement amener l'annihilation de la seconde machine, annihilation qui a rendu inutile la division du moteur en deux parties, précaution qu'on regardait comme donnant une garantie absolue contre toute possibilité de manque de la puissance motrice? Supposons encore qu'il n'eût pas été possible de faire la cloison de séparation assez robuste pour l'empêcher d'être perforée par un choc accidentel, n'était-il aucun moyen de prévenir l'invasion par la mer du second compartiment? On a rappelé que la présence à bord d'un appareil de plongeur eût certainement mis à même d'aveugler facilement avec des matelas ou objets analogues les déchirures de la cloison et de changer presque du tout au tout les conséquences de l'accident.

Un fait sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention est le spectacle inouï que présentait un navire possédant absolument intactes 9 chaudières contenant 54 foyers et pouvant donner la vapeur nécessaire à 20 000 chevaux et sur lequel tous les moyens d'épuisement se trouvaient réduits à deux ou trois misérables pompes à bras et à des baquets. Tout

... appareils à vapeur, hydrauliques, électriques, etc., étaient dans les ... mondes. Si jamais le dicton populaire : « Mettre tous ses ... le même panier, » a été justement appliqué, c'est bien dans ce ... et dans cet ordre d'idées surtout que l'accident dont nous nous ... doit amener des réflexions salutaires.

... rappelle également à ce sujet une idée qui ne paraît pas être ... et qui n'en est peut-être pas plus mauvaise. C'est qu'il ne serait ... constructeurs de disposer les chambres des machines de manière ... avoir, en cas de voie d'eau, être mises presque instantanément sous ... comme les chambres de chauffe dans le procédé de tirage forcé ... notamment sur les torpilleurs. On serait ainsi à l'abri contre ... d'eau les plus formidables provenant des parties basses de la ... On a indiqué encore bien d'autres précautions dont l'énumération ... entraînerait beaucoup trop loin.

... certain qu'on doit doublement s'applaudir que la catastrophe sans ... du *City of Paris* n'ait entraîné que des pertes matérielles, d'im... secondaire d'ailleurs par rapport à ce qu'elles auraient pu être, ... pour le fait lui-même et ensuite parce que les utiles ensei... qu'aura amenés cet accident, et qui se traduiront par de nou... et de nouvelles précautions dans la construction et la ... des grands paquebots transatlantiques et de leurs appareils ..., n'auront pas été, comme tant d'autres, payés par une héca... de victimes.

Pose d'une conduite sous l'eau. — Voici, d'après l'*Engineering* ..., un exemple d'une pose rapide, simple et économique, de conduite ... eau, opération qui n'est généralement pas sans difficultés sérieuses. ... Peske, ingénieur civil à Watertown, a eu occasion de poser en ... profonde une conduite de 300 m de longueur pour aller aspirer ... lac Champlain et à distance de l'eau qui, près du bord, était trop ... pour l'emploi auquel on la destinait.

... des tubes d'acier de 0,200 m de diamètre, fabriqués par son frère ... dans une fabrique à East Orange (New Jersey) ; on les réunit ... brides en fonte unies par des boulons avec joint étanche. Un des ... la conduite fut fermé hermétiquement et on poussa cette partie ..., où elle flotta. On continua à mesure la réunion successive ... du tuyau, jusqu'à ce que la longueur entière de 300 m flottât ... surface du lac.

... fut alors amenée à la position qu'elle devait occuper; ... fermée fut débouchée et la longueur totale s'immergea tran... dans 5 m d'eau sans qu'aucun des joints ait eu à souffrir.

... a été nécessaire d'employer dans l'opération d'appareils d'aucune ... dans la construction de joints flexibles ou aucune précaution ... Il est cependant évident qu'on ne saurait se servir de tuyaux ... pour un travail de ce genre à cause de la rigidité et de ... la fragilité de la matière, tandis que la tôle d'acier très mince ... parfaitement pour des tuyaux qui n'avaient aucune pression ... r. Cette conduite, qui sert à l'aspiration d'une pompe à vapeur, ... satisfaction depuis qu'elle est posée.

Eaux d'alimentation des chaudières. — Nous croyons intéressant de donner un résumé d'une communication faite tout récemment par M. E.-G. Constantine à l'Association des Ingénieurs de Manchester sur les eaux d'alimentation et leur effet sur les générateurs.

L'auteur a toujours été frappé du peu d'intérêt que la plupart des chauffeurs et, il faut le dire, des propriétaires de chaudières, semblent porter à la conduite de ces appareils et du peu de connaissance qu'ils ont de ce qui les concerne. Ils ne paraissent pas se douter que la négligence apportée dans cette opération peut se traduire par des sommes considérables dépensées en combustible et en réparations, sans compter les risques effroyables que court la vie, non seulement des ouvriers et employés, mais encore des voisins des ateliers où fonctionnent ces dangereux engins.

L'eau avec laquelle on alimente les chaudières peut provenir de sources ou de puits, de rivières, lacs, canaux, de marais, de mines, de citernes ou de distributions d'eau, ces dernières étant elles-mêmes alimentées par des rivières ou des sources. Toutes ces eaux, ou la presque totalité, contiennent en dissolution ou en suspension dès matières solides susceptibles de produire des dépôts dans les chaudières.

On est peu d'accord sur la dépense de combustible qu'entraîne l'existence des incrustations sur les surfaces de chauffe des générateurs. Le professeur J.-C. Rogers estime la dépense supplémentaire à 15 0/0 pour une épaisseur de 1 1/2 *mm*, 30 0/0 pour 3 *mm*, 60 0/0 pour 6 et 150 0/0 pour 12. D'autres auteurs comptent moins, 13 0/0 pour 1 1/2, 38 pour 6 et 60 pour 12 *mm*.

Il est probable qu'il n'y a rien d'absolu et que la perte dépend beaucoup des circonstances et des conditions particulières des chaudières.

D'autre part, des expériences faites par l'Association pour l'inspection des chaudières à Munich ont indiqué des faits très extraordinaires.

Des essais ont été faits sur la même chaudière, mise dans un état de propreté parfaite, successivement avec de l'eau préalablement épurée et avec de l'eau très chargée de sulfate de chaux.

Chaque essai dura 195 heures consécutives sans arrêt, avec huit mesurages de l'eau vaporisée dans le même temps pour constater la modification apportée à la vaporisation par les incrustations augmentant à mesure d'épaisseur. On constata que, lorsque l'épaisseur de la couche était en moyenne de 6 *mm* et atteignait par places 9 *mm*, la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de combustible n'avait pas subi de réduction appréciable ; de sorte que l'effet de l'incrustation à ce point de vue était tout à fait nul. Les essais n'ont pu malheureusement être poussés assez loin, parce que, les tôles du coup de feu commençant à rougir, on crut prudent d'en rester là.

L'auteur n'a pas été assez heureux pour obtenir des renseignements tirés de la pratique courante suffisants pour éclairer ce point, mais il ne lui paraît pas contestable que la présence, dans l'eau d'alimentation, de sels pouvant amener la formation d'incrustations, ne soit une cause sérieuse de perte de combustible, et cela pour la raison suivante : le calorique étant une forme du mouvement, toute cause qui tend à entraver la continuité des molécules par lesquelles le mouvement est transmis

... cette transmission; la présence des incrustations, surtout de celles qui sont formées de carbonate de chaux et de magnésie, de silicates, etc., lesquelles, examinées au microscope, sont trouvées composées de fines particules avec des intervalles entre elles, produit cette solution de continuité. Les dépôts formés par les sulfates de chaux et magnésie sont plus serrés et plus compacts et n'interrompent pas la continuité au même degré.

Les dépôts pulvérulents ont une action plus pernicieuse que les sulfates et carbonates. Un excès de dépense de combustible peut être également amené par la présence de matières en suspension dans l'eau, qui, se mêlant avec les globules de vapeur retardent la circulation; cet effet se trouve aggravé par l'existence de matières grasses.

Une statistique dressée en 1882 établissait qu'il y avait à cette époque dans le Royaume-Uni environ 140 000 chaudières à vapeur, sans compter celles des locomotives, bateaux à vapeur, installations de chauffage, etc. Ce nombre doit être aujourd'hui grandement dépassé. On voit à quel chiffre peut s'élever une perte même très minime de combustible sur chaque chaudière.

Le moyen le plus efficace d'empêcher la production des dépôts et la corrosion est l'emploi d'une bonne eau d'alimentation, c'est-à-dire d'une eau ne contenant ni acides, ni matières organiques, notamment des graisses, et n'ayant qu'une faible proportion de sels de chaux, magnésie, soude, et exempte de nitrates, de sulfates et d'ammoniaque.

Si on ne peut se procurer des eaux de telle nature, le mieux est — si toutefois c'est réalisable pratiquement — d'épurer l'eau préalablement à son emploi. Il y a, pour réaliser cet objet, quantité de procédés patentés ou non, qui se ressemblent tous plus ou moins, mais dont chacun est déclaré le meilleur par l'inventeur ou le propagateur. Un des plus anciens et les plus connus est celui du docteur Clarke, dans lequel un lait de chaux ajouté à l'eau à épurer dans des réservoirs *ad hoc* se combine avec l'acide carbonique en excès et précipite le carbonate de chaux qui tombe au fond et qu'on peut séparer par décantation.

Ce procédé convient très bien lorsqu'il n'y a que du carbonate de chaux, mais il n'agit pas sur les sulfates et, lorsqu'il en existe, l'épuration se trouve très incomplète. (*A suivre.*)

Locomotives américaines. — Nous avons souvent signalé le travail considérable qu'on exige des locomotives aux États-Unis. Le *Railroad Gazette*, sous le titre « Un intéressant essai de locomotive », donne les faits suivants que nous reproduisons textuellement.

« Une machine à marchandises, classe R du Pensylvania Railroad, le type le plus puissant construit à Altoona, dans un essai fait récemment sur le Pittsburg, Fort Wayne et Chicago R.R. a remorqué 79 wagons chargés en fer, plus 6 de fonte, total 85 wagons formant une charge brute de 2 900 *t*. Sur une portion du parcours, il y avait une rampe de 15 pieds par mille (0,0284 m par mètre). Sur cette pente la machine dut marcher à pleine admission, le régulateur entièrement ouvert et la vitesse descendit à 6 milles à l'heure (9,66 *km*); mais l'expérience démontra que l'adhérence était suffisante pour utiliser la puis-

sance totale développée par les cylindres sans patinage et que la machine pouvait remorquer sur la rampe signalée plus haut l'énorme charge qu'on lui avait attelée. Le poids sur les essieux moteurs est de 100 600 *liv* (45 572 *kg*), sur le truc 14 025, total 114 625 *liv* (51 925 *kg*), à quoi il faut ajouter le poids du tender 56 800 *liv* (25 730 *kg*), ce qui fait pour le moteur un poids total de 171 425 *liv* (77 655 *kg*) ou 85 *t* (de 2 000 *liv*); mais comme le tender pouvait être en partie vide, on réduira le poids du moteur à 80 *t* ce qui fera un poids total de train de 2 480 *t*. (2 246 880 *kg*). Avec 6 livres de résistance en palier plus 5,6 pour la résistance due à la gravité sur la rampe de 15 pieds par mille, la résistance totale du train sera de 2 480 $\times$ 11.6 = 2 8768 *liv* donnant un coefficient d'adhérence de $\frac{100\ 600}{28\ 768}$ égal à environ 3.5, ce qui confirme de nouveau les nombreux faits qui prouvent que l'effort de traction utilisable des locomotives américaines varie entre le tiers et le quart du poids agissant pour l'adhérence.

En Europe on parait attacher peu d'importance à accroitre la charge trainée par les locomotives et nous ne connaissons pas d'exemples où on ait cherché à obtenir plus du cinquième du poids adhérent.

L'examen de l'article ci-dessus nous ayant inspiré quelques doutes, nous avons tenu à nous reporter aux dimensions des machines capables de réaliser de pareils tours de force. Les machines de la classe R du Pensylvania R. R. sont des machines type *Consolidation* (quatre essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant) ayant des cylindres de 20 pouces de diamètre et 24 de course, des roues de 50 pouces et une pression maxima à la chaudière de 140 livres par pouce carré. Ces données conduisent à un effort de traction théorique de 12 495 *kg*. L'effort réalisé dans l'expérience, 28 768 livres ou 13 032 *kg*, dépasserait donc l'effort théorique de 4,3 0/0. Comme l'effort théorique ne saurait être réalisé entièrement, même sur les pistons, puisqu'il correspondrait à un diagramme absolument rectangulaire, qu'il y a, de plus, a en défalquer les résistances du mécanisme qu'on ne peut évaluer à moins de 10 à 12 0/0, et qu'enfin le coefficient de résistance au roulement en palier de 2,72 *kg* par tonne de 906 *kg* ou 3 *kg* par tonne de 1 000 *kg* parait bien faible appliqué à une machine à quatre essieux accouplés, on est obligé d'admettre, si les faits rapportés sont exacts, ou que la pression aurait été élevée considérablement au-dessus de la pression maxima ou que la rampe aurait une longueur assez faible pour être franchie par la vitesse acquise, deux conditions qui ôteraient à l'expérience toute valeur réelle.

Il nous a paru utile de signaler ce fait parce qu'on voit souvent les publications américaines donner des chiffres qui paraissent absolument impossibles à expliquer. Nous avons sous les yeux une note émanant d'une maison très sérieuse de construction de locomotives où sont énumérées les charges qu'un nouveau type de machines peut remorquer sur diverses inclinaisons à des vitesses indiquées. Il est dit, entre autres, que la machine peut remorquer derrière le tender 251 *t* sur une rampe de 150 pieds par mille, à la vitesse de 30 milles à l'heure; le poids de la machine et du tender est de 170 000 livres.

Si on fait le calcul de l'effort de traction, et remarquons en passant

n est laborieux avec les mesures anglaises le compte de la résis- ... en rampe que nous effectuons si simplement par l'application de ... par millimètre d'inclinaison, on trouve, avec 3 *kg* par tonne en ... un effort de traction total de 9 558 *kg*, correspondant à $\frac{1}{4,6}$ du ... adhérent. Jusque-là, il n'y a rien à dire, mais si on multiplie ... effort par la vitesse de 13,33 *m* par seconde pour 30 milles ou 48 *km* ... , on trouve un travail net de 127 408 kilogrammètres ou ... chevaux, qui exigerait un travail brut de près de 2 000 chevaux ... locomotive ne peut donner, à beaucoup près, sauf le cas où ... grande partie de ce travail serait fournie par la vitesse acquise, ... qu'on ne saurait admettre dans un calcul sérieux. On se ... de quelle utilité il peut y avoir à insérer des assertions de cette ... dans des documents destinés à un public restreint, spécial et ... à même de juger de la valeur des choses qu'on soumet à ... appréciation.

Tramways de la Grande-Bretagne. — Dans l'exercice qui ... terminé le 30 juin 1888, les tramways de la Grande-Bretagne ... une longueur totale de 1 455 *km* et étaient exploités au moyen ... 2 ... chevaux, 514 locomotives et 3 501 voitures. Le nombre des ... transportés s'est élevé à 128 ... donnant une recette ... 69 800 000 *f*. Les dépenses d'exploitation, de 54 360 *f*, soit 77 0/0 ... des recettes brutes ont laissé un excédent de 15 540 000 *f*, ... 10 680 *f* par kilomètre.

Dans le dernier exercice, celui du 1er juillet 1888 au 30 juin 1889, la ... totale des tramways s'est élevée à 1 527 *km*, desservis par ... chevaux, 589 locomotives et 3 645 voitures, qui ont transporté ... 396 000 voyageurs. Les recettes brutes ont été de 75 500 000 *f* et les ... de 56 660 000, soit 75 0/0 des recettes brutes, laissant un excé- ... de 18 840 000 *f*, soit 12 300 *f* par kilomètre. Il y a, comme on le ... une amélioration sensible par rapport à l'année précédente.

Prix du charbon pour locomotives en Angleterre. — Les ... pagnies anglaises se préoccupent vivement du renouvellement de ... contrats pour la fourniture de combustible à locomotives en pré- ... de la hausse du charbon. Jusqu'en 1889, la plupart des lignes ... le meilleur charbon du South-Yorkshire à 7,50 *f* la tonne. En ... 1889, ce prix s'éleva à 10,75 et, dès le commencement de cette ... le *North-Eastern* a payé 13,25 *f*. On prévoit ce chiffre comme ... pour le mois de juillet prochain. Cela représente en deux ans ... hausse de 75 0/0. L'importance de cette augmentation des prix peut ... par le fait qu'avant la hausse le *London-and-North Western* ... par an pour 6 750 000 *f* de coke et charbon; le *Midland*, ... 5 750 000; le *North Eastern*, pour 5 millions, et enfin le *Great-Western*, pour 4 750 000 *f*. Ces chiffres sont donnés par l'*Iron*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1890.

Rapport de M. Hirsch sur un **Système de distribution pour machine à vapeur,** de M. Charbonnaud.

Ce distributeur est constitué par un organe tournant percé d'ouvertures convenables qui, suivant la position qui lui est donnée, mettent l'un ou l'autre des côtés du cylindre en communication avec la chaudière ou avec l'échappement.

Le principe est loin d'être nouveau, mais le système proposé présente des combinaisons intéressantes. Le distributeur a la forme tronconique et reçoit un mouvement alternatif d'un excentrique.

La position des lumières aux extrémités d'un même diamètre neutralise les pressions exercées sur la clé et rendent le distributeur sensiblement équilibré. Le serrage est exercé par un ressort à pression variable qui agit sur la tête du robinet ; enfin le graissage est réalisé d'une façon ingénieuse, au moyen de canaux divergeant à partir d'un robinet graisseur.

Rapport de M. Brull sur les travaux de M. Parenty relatifs au **Mouvement des fluides.**

M. Parenty, ingénieur des Manufactures de l'État, a entrepris une longue série de recherches sur l'écoulement des fluides, lesquelles l'ont amené à la construction d'un grand nombre d'appareils tels que, machines à fumer, pour l'essai de la combustibilité des tabacs, appareils de lavage méthodique, réservoirs à niveau constant, régulateurs et jaugeurs de cours d'eau, compteurs d'eau, de gaz et de vapeurs, etc.

Le rapport entre dans quelques détails sur le jaugeur de cours d'eau qui a été appliqué au jaugeage de la rigole des marais de Compalet, la principale artère de l'alimentation du canal d'Orléans. Le principe de cet appareil repose sur l'emploi d'une caisse mobile immergée dans le bief d'amont d'un barrage et qui subit une poussée proportionnelle à la perte de charge qu'il s'agit de mesurer. La poussée subie par la caisse est indiquée sur un cadran, tracée sur un graphique et totalisée de manière à permettre la lecture du débit sur les cadrans d'un compteur.

M. Parenty a également construit un compteur d'eau pour conduites forcées qui a été employé pendant l'Exposition de 1889 à la mesure de la consommation de la grande gerbe des fontaines lumineuses.

[illegible] rapport signale encore un siphon de chasse pour égouts et un régu-[illegible] à gaz. Il termine en disant quelques mots d'un appareil très [illegible]ssant, mais qui ne paraît pas avoir été encore soumis à des essais [illegible] pour en affirmer la valeur définitive, un compteur de vapeur.

Rapport de M. Edouard Simon sur une **Machine à chiner les rubans de laine**, de MM. Mahon frères, à Roubaix.

[illegible] sait que le chinage consiste dans l'application de la matière colo-[illegible] sur les fils d'une manière spéciale et en vue d'effets particuliers. [illegible] machine de MM. Mahon a pour objet d'effectuer simultanément le [illegible] à deux couleurs en faisant passer le ruban entre des rouleaux [illegible] comprimant entre des reliefs parallèles, lesquels déposent la cou-[illegible] sur les faces opposées du ruban qui, dans l'intervalle des reliefs, [illegible] sa couleur naturelle.

Rapport de M. Arnaud sur le nouveau **four à chaleur concentrée** [illegible] **four Meténier**.

[illegible] fours à flammes renversées permettaient difficilement jusqu'ici [illegible] les températures élevées nécessaires pour la cuisson des porce-[illegible] faïences opaques et produits analogues.

M. Meténier a cherché à remédier à cet inconvénient et y a réussi par [illegible] dispositions ingénieuses appliquées aux conduits de gaz et au mode [illegible] de ceux-ci. On réalise par ces moyens une économie de [illegible] qui paraît s'élever à 40 0/0.

Un calendrier perpétuel, par M. Ed. Collignon.

[illegible] est accompagnée de trois tableaux dont le premier donne [illegible] les divers quantièmes de chaque mois pour une année com-[illegible] dans les deux styles. Le second renferme les lettres dominicales [illegible] dans le nouveau style et donne sous une forme très condensée [illegible] résultats correspondants à quatre cents années grégoriennes consé-[illegible] période suffisante pour épuiser toutes les combinaisons de jour [illegible]. Le troisième tableau est relatif à l'ancien style.

[illegible] tableaux permettent de résoudre à vue un certain nombre [illegible] relatives aux dates.

[illegible] **l'Emploi et la fabrication des tôles de Fox** pour les [illegible] et le matériel roulant par M. G. Richard.

[illegible] ondulées de Fox pour foyers de chaudières ont reçu de très [illegible] applications, comme on sait. La note de M. Richard décrit [illegible] de fabrication de ces foyers au moyen d'un laminoir spécial. [illegible] embouties ont été récemment appliquées par M. Fox aux [illegible] des locomotives, tenders et wagons, et on a pu en voir des [illegible] à l'Exposition universelle de 1889. On évite par ce moyen [illegible] compliqués et on obtient une grande légèreté sans [illegible] de résistance. Ces pièces se fabriquent avec des presses [illegible] puissantes. Il est intéressant de signaler que toute la fabri-[illegible] se fait à l'usine de M. Fox au moyen de gaz à l'eau dont il se [illegible] 1 200 m³ à l'heure au prix de 0,015 f par mètre cube. On l'y em-[illegible]ement pour l'éclairage.

Outil pneumatique de Mac-Coy.— Cet appareil est un marteau-pilon actionné dans un cylindre par l'air comprimé ou la vapeur e frappant une suite rapide de coups sur un manche d'outil. On peu obtenir plus de 5 000 coups par minute. La course est très faible, elle varie de 3 à 6 *mm* seulement. Cet appareil s'applique au dressage des pierres, au matage des chaudières, au repoussage, au découpage du métal, etc. Cet article est traduit du *Journal of the Franklin Institute.*

Fabrication des alliages d'aluminium, par les procédés Combe, par M. Ivanoy (traduit du *Journal of the Franklin Institute*).

Il s'agit de la description de l'usine de Milton (Angleterre), où l'aluminium est produit par le procédé Cowles, au moyen d'une installation très importante. La force motrice est obtenue par une machine de 600 chevaux à laquelle la vapeur est fournie par des chaudières du type Babcock et Wilcock, pourvues d'appareils mécaniques d'alimentation qui réduisent à un homme le personnel employé à leur service.

La machine motrice commande par une transmission à cordes la dynamo qui fonctionne à 380 tours et produit normalement 5 000 ampères et 60 volts. Le courant passe dans 12 fours électriques contenant la matière à traiter, laquelle est composée, pour la production du bronze d'aluminium, de cuivre métallique et d'alumine ou corindon. L'opération dure une heure et demie, dont une demi-heure pour le chauffage des fours. Chaque opération donne en moyenne 90 *kg* d'alliage à 14 0/0 d'aluminium, soit 12,6 *kg* de ce métal.

Les alliages qu'on obtient sont:

1° Le *bronze d'aluminium* qui a une très grande ductilité, une résistance à la traction de 89 à 90 *kg* par mm^2 et a déjà reçu beaucoup d'applications.

2° Le *laiton d'aluminium* qui est d'un prix moins élevé que le précédent a une résistance de 97 *kg* par mm^2; il se fond, se forge et se moule facilement; il a une faible pesanteur spécifique et résiste mieux que le laiton ordinaire aux influences extérieures.

3° L'*alliage de nickel et de bronze d'aluminium* est employé pour les instruments de chirurgie; il acquiert un beau poli et résiste bien aux actions atmosphériques et aux liquides organiques.

4° *Bronze de silicium.*— En remplaçant le corindon par du sable blanc, on obtient du bronze de silicium, employé avec succès pour la télégraphie et la téléphonie.

5° *Alliage de fer et d'aluminium.*— On sait que la présence d'aluminium dans le fer, l'acier et la fonte, même en très petite quantité, a la propriété d'en abaisser le point de fusion et permet d'obtenir un métal plus malléable et un moulage sans soufflures.

Pyromètre à air de Wiborg (traduit du *Dingler's Polytechnische Journal*).

Les pyromètres à air ont été jusqu'ici basés sur l'augmentation de volume de l'air chauffé à pression constante, ou sur son augmentation de pression à volume constant. Le pyromètre de Wiborg est fondé sur un principe intermédiaire, entre les deux, qu'il serait difficile de faire comprendre sans le secours de la figure qui accompagne la description.

Les mines de Nickel dans l'Oural (traduit du *Zapiski*). — A[illegible] des recherches prolongées et longtemps infructueuses, on a dé[illegible]rt récemment dans l'Oural un gisement considérable de minerai [illegible]nant au minimum 5 0/0 de nickel. Il renferme très peu de soufre, [illegible] traces seulement, ce qui le distingue des minerais de nickel d'Eu[illegible] et d'Amérique. Le nickel a déjà d'assez nombreuses applications. [illegible] on sait ; de 280 *f* le *kg* en 1860, son prix est descendu à 10 *f* 1884, ce qui permet de l'employer en alliages avec le cuivre, l'argent, pour divers usages, ou en placage sur acier pour la fabrication [illegible]struments de cuisine, des réflecteurs de lumière ou pour le revê[illegible]t des métaux par voie de dépôts galvaniques.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1889.

Note sur **quelques détails des plans inclinés automoteurs**, par M. V[illegible]IOT, inspecteur général des mines.

De quelques faits observés récemment, l'auteur tire les conclusions [illegible] qu'il paraît intéressant de reproduire :

1° Au point de vue de la durée des câbles en acier pour plans incli[illegible] l'état actuel des choses, on devrait considérer comme prudent de [illegible] descendre au-dessous de 1 *m* de diamètre d'enroulement pour [illegible] élémentaires de 1 à 1,3 *mm* de diamètre, avec des augmenta[illegible] [illegible]ssives pour des diamètres plus forts.

2° Il est certainement très imprudent de descendre, même pour les [illegible] fins, au-dessous de 50 *cm* de diamètre d'enroulement.

[illegible] Toutes choses égales d'ailleurs, les poulies à gorge étroite, où le [illegible] pour réaliser une grande adhérence, doivent activer [illegible] l'usure [illegible] sensible.

4° Il y a intérêt à éviter sur les voies parcourues par les bennes, les [illegible] des voies qui amènent nécessairement des chocs [illegible] surtout quand la disposition des choses sera telle que ces chocs [illegible] au moment où une même portion du câble, [illegible] généralement [illegible], subira la fatigue de l'enroulement ; cette considération sera [illegible]tant plus sérieuse que la vitesse du mouvement sera plus grande et [illegible]ment l'on devra, si la situation des travaux implique le plan [illegible] roulant avec croisement au milieu, surveiller particulièrement [illegible] du câble ou s'arranger pour le déplacer fréquemment sur la [illegible] travaillante.

5° Au point de vue de la certitude de l'arrêt dans l'éventualité d'une [illegible], les freins qui réalisent l'adhérence sur des gorges en demi tore,

par un nombre suffisant d'enroulements, offrent plus de sécurité que les engins à grande adhérence où l'enroulement n'est que de trois, ou à plus forte raison que d'une demi-circonférence.

Note sur **la propagation latérale des mouvements d'effondrement dans les mines**, par M. Villot, inspecteur-général des mines.

Il s'agit d'un fait observé en 1879, dans le bassin du Fuveau, où une galerie de roulage fut écrasée sur une longueur de 700 *m*. L'ébranlement s'est propagé pendant plusieurs jours et les secousses, qui firent croire à un tremblement de terre, se firent sentir dans des localités assez éloignées. On peut évaluer à 112 le rapport de la superficie sur laquelle le mouvement ondulatoire s'est traduit à la surface du sol à celle où la secousse initiale s'est produite.

Mémoire sur **l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva**, par M. de Launay, ingénieur des mines.

Cet important mémoire fait d'abord l'historique de l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva, laquelle remonte à une période antérieure à la venue des Phéniciens; on suppose que c'était là la Tharsis de la Bible; cette industrie prit une grande extension sous les Romains, comme on peut en juger par les nombreux puits et galeries qu'on trouve encore aujourd'hui, et par les énormes amas de scories provenant d'une exploitation peu avancée. Cet historique va jusqu'à l'époque actuelle.

Une deuxième partie est consacrée à l'étude de la constitution géologique de la région et contient la description des gisements métallifères.

La troisième partie décrit les méthodes d'exploitation des gisements, généralement à ciel ouvert, et la quatrième, le traitement métallurgique qui a varié considérablement avec les époques. On a, en effet, employé successivement trois méthodes : la cémentation naturelle, la cémentation artificielle et la fusion sur place des minerais riches combinée avec la cémentation des pyrites pauvres. Ces trois méthodes subsistent encore côte à côte et sont décrites en détail. Ce mémoire est suivi d'une bibliographie relative à l'exploitation du cuivre dans la région d'Huelva partant de la Bible, suivant par Strabon, Diodore de Sicile et Pline l'Ancien, et se terminant par des articles récents du *Génie civil* et de l'*Engineering*.

Notice nécrologique sur M. Jean Baills, ingénieur des mines, par M. L. Aguillon, ingénieur en chef des mines.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur,** pendant l'année 1888.

Il y a eu, en 1888, 29 accidents ayant eu pour conséquence 29 morts et 23 blessés.

11 se sont produits sur des chaudières à foyer extérieur, 9 sur des chaudières à foyer intérieur, 5 sur des récipients et 4 sur des appareils divers.

Quant aux causes présumées, on trouve 9 accidents pouvant être attri-

[illegible] à des conditions défectueuses d'établissement, 10 à des causes de [illegible] d'entretien, 14 à un mauvais emploi des appareils et 3 à des [illegible] restées inconnues.

[illegible] le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents, c'est [illegible] que, dans plusieurs cas, le même accident a été attribué à di[illegible] causes [illegible].

Discours prononcé aux funérailles de M. Phillips, [illegible] de l'Institut, Inspecteur général des mines, par M. Resal, [illegible] de l'Institut, Inspecteur général des mines.

[illegible] sur un **nouveau procédé de fabrication de l'aluminium**, par M. Knox, Ingénieur des mines.

[illegible] du procédé de M. Grabau, de Hanovre, qui a pour objet [illegible] l'aluminium d'une pureté presque complète.

[illegible] comprend, en premier lieu, la fabrication du fluorure d'a[illegible] au moyen de sulfate d'alumine, de spath fluor et de cryo[illegible]. Il est à remarquer que celle-ci n'est employée à l'état naturel [illegible] des opérations; et ensuite la réduction même du fluorure [illegible] donne de la cryolithe artificielle beaucoup plus pure.

[illegible] lieu vient la réduction du fluorure d'aluminium par le [illegible] celui-ci est lui-même fabriqué par M. Grabau, à l'aide d'un [illegible] procédé qui permet de réduire considérablement son prix de [illegible] procédé a pour base la décomposition du sel marin fondu [illegible] électrique.

M. [illegible], avec une fabrication de 20 *kg* d'aluminium par [illegible] à un prix de revient de 14 *f* environ par kilogramme.

[illegible] sur la **fabrication électro-métallurgique de l'aluminium** et de ses alliages, à Froges [illegible], par M. K[illegible], Ingénieur des [illegible]

M. Héroult, Ingénieur [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] 6000 ampères à la force électro[illegible] 20 volts. [illegible]

[illegible] l'aluminium [illegible] cryolithe. La production [illegible] est de 0,16 *g* environ [illegible] heure. En tenant compte de tous les [illegible], frais [illegible] compris, on peut, avec une fabrication complètement dévelop[illegible] avoir un prix de revient de 6 à 7 *f* par kilogramme d'aluminium.

Observations sur **l'électro-métallurgie de l'aluminium**, par par M. Lodin, Ingénieur en chef des mines.

Ces observations portent sur les différences qu'il y a entre les différents procédés Héroult, Kleiner, Bernard-Minet et Cowles, pour la préparation de l'aluminium.

Note sur **divers systèmes de fermeture des lampes de sûreté**, par M. L. Janet, Ingénieur des mines.

Les divers appareils de fermeture pour les lampes de sûreté peuvent être classés en trois groupes principaux suivant le but qu'ils doivent réaliser :

1° Impossibilité absolue pour les ouvriers d'ouvrir leurs lampes;

2° Impossibilité absolue d'ouvrir les lampes sans laisser des traces de la contravention commise;

3° Impossibilité d'ouvrir les lampes sans en déterminer l'extinction.

Les seuls moyens qui offrent des garanties suffisantes dans la pratique sont ceux qui rentrent dans la première catégorie, ou, si cette condition n'est pas remplie, qui permettent au moins de reconnaître les lampes qui ont été ouvertes. La fermeture électro-magnétique Villiers. la fermeture hydraulique Cuvelier et Catrice, la soudure Dinant et la rivure au plomb rentrent dans ces conditions.

Les appareils reposant sur le premier principe sont préférables au point de vue de la sécurité, car il vaut mieux prévenir les imprudences que d'avoir à les réprimer. Du reste, la question de la fermeture des lampes de sûreté a fait, depuis quelques années, de grands progrès, surtout dans le Nord de la France. Dans le reste, il y a beaucoup à faire.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 1er mars 1890.

Communication de M. Rateau sur la **Turbine à vapeur Parsons.** — L'auteur commence par rappeler que l'idée de faire agir la vapeur sur une turbine est loin d'être nouvelle. Burdin, le créateur des turbines hydrauliques, Tournaire et, plus récemment, L.-D. Girard étudièrent cette question sans toutefois arriver à une solution pratique. Celle-ci semble avoir dépendu en grande partie de la perfection de la construction réalisable aujourd'hui, ainsi que de bonnes dispositions dans les détails, notamment dans le graissage.

La turbine Parsons se compose de deux séries de petites turbines empilées les unes à côté des autres sur l'arbre moteur, de part et d'autre de l'orifice d'admission de la vapeur. Cette symétrie annihile la poussée longitudinale de la vapeur et dispense de l'emploi d'une buttée. Entre les couronnes mobiles sont interposées des couronnes fixes ayant des

s directrices inclinées en sens inverse des ailettes des couronnes s. La vapeur, arrivant au centre de l'appareil, se répand des deux ... en passant par les directrices fixes et les ailettes mobiles, épuise ... peu sa pression en augmentant de volume. A cet effet, les ailettes ... de plus en plus hautes et les canaux plus larges à mesure ... se rapproche de la sortie de la vapeur.

... comprend qu'il y ait un grand intérêt à réduire le jeu entre les ... mobiles et le cylindre enveloppe. Ce jeu a pu être réduit à ... millimètre, ce qui est encore beaucoup par rapport à la hauteur ... tes, qui n'est que de 3 à 10 *mm*. Ce jeu, même faible, produit ... par la vapeur qui passe directement de l'admission à l'échappement.

M... le soin avec lequel on cherche à réaliser l'équilibre autour de ... l'arbre, il est impossible d'empêcher cet arbre de vibrer d'autant ... fort que la vitesse est plus considérable. M. Parsons, pour remédier à cet inconvénient, emploie des paliers spéciaux permettant un ... latéral dans tous les sens. Ces paliers sont constitués par une ... rondelles en acier de 1 1/2 *mm* d'épaisseur accolées et alternati... de diamètres différents, les unes ont exactement à l'intérieur le ... du coussinet-bague qui entoure l'arbre et un diamètre extérieur ... plus faible de 1 *mm* environ que l'intérieur du palier; les autres, ... traire, remplissent parfaitement le palier, mais présentent un jeu ... leur diamètre intérieur et l'extérieur du coussinet. L'ensemble des ... les est serré par un ressort. De cette manière, l'arbre peut se dé... ... rement dans le palier pour ainsi dire flexible et ses vibrations ... amorties par le frottement des rondelles les unes contre les autres.

Le graissage, qui a une importance capitale dans un appareil de ce ..., s'effectue automatiquement et par circulation continue au moyen ... de vis qui agissent comme des pompes sous l'influence de la ... L'huile se refroidit en circulant dans des tuyaux rafraîchis par ... rant d'air déterminé par un petit ventilateur porté par l'arbre de ... machine.

La vitesse est réglée par un régulateur pneumatique formé d'un soufflet ... l'intérieur est en communication avec le ventilateur dont il ... être question. Une tringle actionnée par ce soufflet agit sur l'ad... ... de vapeur et la ferme plus ou moins dès que la vitesse dépasse ... qui a été fixée.

Ces turbines ne servent guère qu'à actionner des dynamos et, comme ... dernières doivent tourner à des vitesses insolites, elles doivent être ... construites avec des précautions spéciales. On sait que la vitesse de la ... s'élève à 8 ou 10 000 tours par minute.

Quant aux résultats pratiques, on peut dire qu'après trois ans de service ... certains de ces appareils, on n'a pas constaté d'usure sensible. ... pense de graissage n'est pas exagérée. Quant à la dépense de vapeur, ... est un point essentiel, il semble qu'on n'est pas encore arrivé à des ... tats tout à fait satisfaisants. On a bien parlé de 11 *kg* de vapeur par ... val et par heure, mais ce chiffre ne paraît pas s'être encore vérifié ... marche normale.

Origine du pétrole, note de M. Manigler. — D'après l'au... le pétrole est le produit de la distillation des matières végétales et m... rales contenues dans les bancs des assises inférieures des roches strat... fiées de la croûte terrestre. La chaleur nécessaire à cette distillation ... fournie par le contact de ces bancs avec les roches éruptives en fu... provenant de l'intérieur du globe par des fissures déterminées par ... mouvements du sol. C'est par d'autres fissures que les vapeurs se ... élevées pour aller se condenser à la surface dans les bancs des assises ... formation.

Communication de M. Chansselle sur l'**explosion des mines de La Machine, près Decize.** — Cette explosion, survenue le jour mardi gras, n'a pas fait, à cause de cette circonstance, autant d... qu'elle l'eût fait un jour ordinaire de travail.

Deux coups de mines mal placés, trop chargés et peu bourrés, ont ... le feu à des poussières de houille. L'inflammation est restée circon... dans un faible espace, mais l'oxyde de carbone produit a été entr... par le courant d'air et a été empoisonner, à 400 *m* de là, un c... nombre d'ouvriers à ajouter aux victimes directes de l'inflammati... Très minimes causes, dit justement M. Chansselle, mais effets d...treux.

Les dernières grèves de Charleroi (31 janvier 1890).

La situation houillère dans la Haute-Silésie (1er f... 1890).

La situation houillère dans les mines de Westphalie à la fin de janvier 1890.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *3 mai 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par ... Salomon (*suite*).

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. H... et C. Busley (*suite*).

Étude sur l'accroissement du bien-être des populations industri... par C. Bach.

Groupe de Berlin. — Nouvelles décisions juridiques concernant le d... des employés à prendre des brevets d'invention.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de condensation. — Réforme de la l...lation des patentes d'invention.

Variétés. — École de construction de machines de Cologne. — C... cours pour les prix de l'Association allemande des Ingénieurs de chem... de fer.

N° 19. — *10 mai 1890.*

[illegible] locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. [illegible] *suite*.

[illegible] clapets de pompes et recherches sur ce sujet, par J. Tobell

[illegible] aux détails sur l'accident du *City of Paris*, par Otto H. Mueller.

[illegible] de flexion de Pfeuffer.

[illegible] de Hanovre. — Le graphophone de Berliner. — Lampe à incan[illegible] de Auer. — Installations centrales d'air comprimé pour dis[illegible] de force motrice. — Diagrammes d'indicateurs.

[illegible].

N° 20. — *17 mai 1890.*

[illegible] de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en [illegible] par G. Rohn.

[illegible] municipal d'épuration des eaux à Francfort-sur-[illegible] par F. Kost[illegible].

[illegible] de la puissance absorbée par les machines à travailler les [illegible], par R. Schulze.

[illegible] du pont de Glastrag sur le chemin de fer badois de la [illegible], par F. Engesser.

[illegible] de Hanovre. — Indicateurs.

[illegible].

[illegible]. — Progrès récents de l'art du soudeur, par A. Fauck.

[illegible] de l'électrotechnique de 1888 à 1889, par le Dr G. Krebs et [illegible].

N° 21. — *24 mai 1890.*

[illegible] du calorique dans les machines à vapeur, par J. Luders.

[illegible] de l'industrie textile à l'Exposition universelle de 1889 [illegible], par G. Rohn (*suite*).

[illegible] de la puissance absorbée par les machines à travailler les [illegible], par R. Schulze (*fin*).

Machines pour l'éclairage électrique à l'Exposition universelle de 1889 [illegible].

[illegible] mots sur les écoles techniques moyennes, par le Dr Holz[illegible].

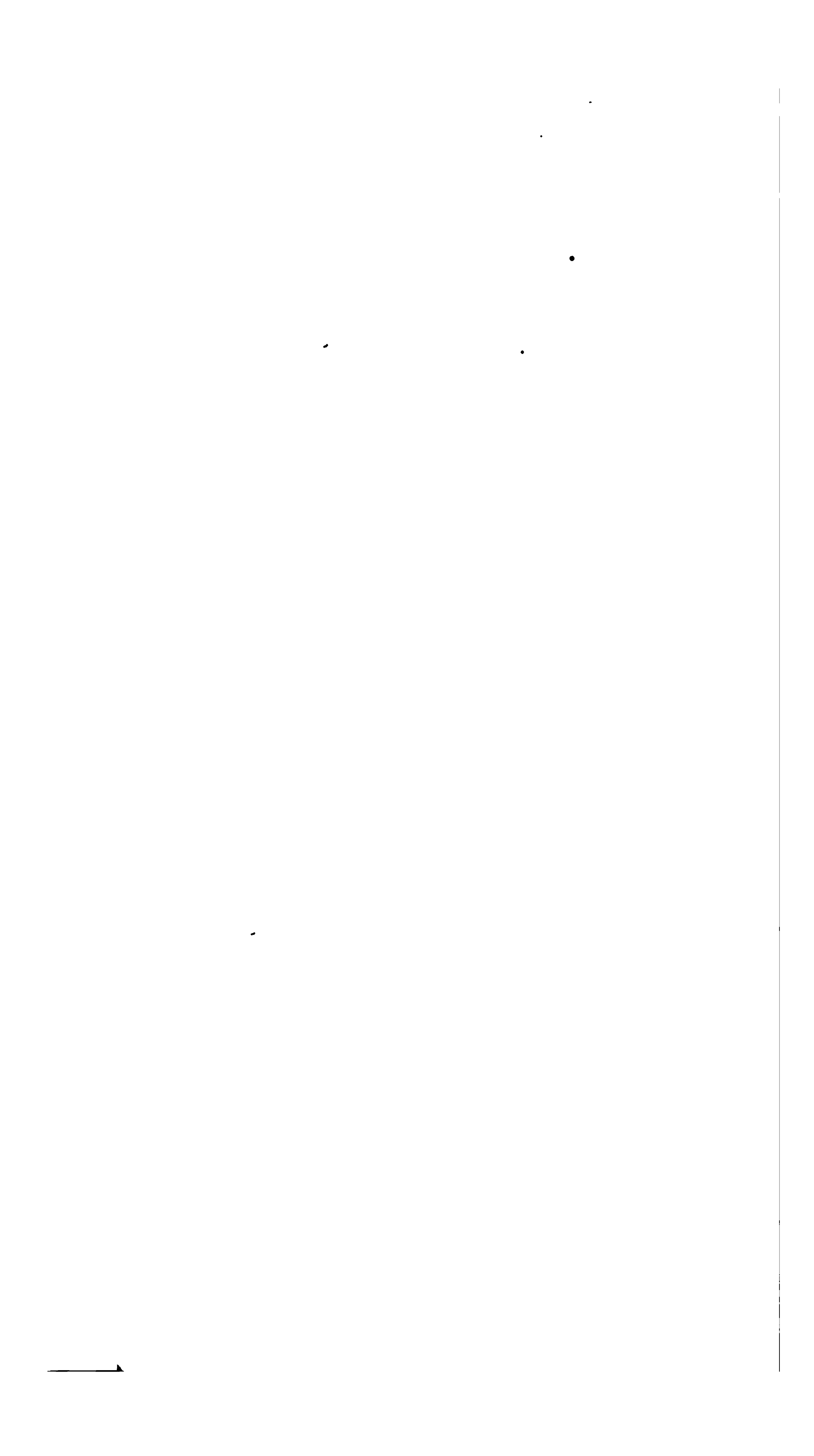
[illegible].

[illegible] — Écoles techniques moyennes.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

[illegible]



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1890

N° 6

Sommaire des Séances du mois de Juin 1890 :

1° *Décès* de MM. G. Portier, F. Moreaux et L.-E. Potelet. (Séances des 6 et 20 Juin, pages 678 et 690.)

2° *Décorations*. (Séance du 6 Juin, pages 678.)

3° *Don* du second volume, du *Traité de la Chaleur*, de M. L. Ser, par Mme Vve L. Ser. (Séance du 6 Juin, page 679.)

4° *Nomination* de MM. Kotchoubey, Ghercevanoff, Belelubsky et H[illegible]enstein comme Membres honoraires de la Société. (Séance du 6 Juin, page 679.)

5° *Nomination* de MM. F. Reymond et G. Eiffel comme membres honoraires de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone. (Séance du 6 juin, page 679.)

6° *[illegible]* provenant de l'emprunt de 75 000 francs. (Séances des 6 et 20 juin, pages 680 et 691.)

7° *Souscription* en faveur de l'érection d'une statue à la mémoire de M. Ernest Durand-Claye. (Séance du 6 juin, page 680.)

8° *Traités de commerce et les tarifs des douanes*, lettre de M. L. Poillon. (Séance du 6 juin, page 680.)

9° *Accidents du travail et l'industrie (Les)*, analyse de l'ouvrage de M. A. Gibon, par M. G. Salomon. (Séance du 6 juin, page 681.)

10° *Chaudières à vapeur à l'Exposition universelle de 1889. (Les)*, par MM. S. Périssé, Ch. Compère et P. Regnaud. (Séance du 6 juin, pages 682, 684 et 687.)

11° *Économie politique*, don de l'ouvrage sur l' [illegible] par M. L. Walras. (Séance du 20 juin, page 692.)

12° *Nomination de membres honoraires. (Proposition de)* (Séance du 20 juin, page 692.)

13° *Nomination* de MM. G. Eiffel et V. Contamin comme membres honoraires de l'Institut royal néerlandais. (Séance du 20 juin, page 692.)

14° *Exposé de la situation financière de la Société*, 1er semestre 1890, par M. le Trésorier. (Séance du 20 juin, page 693.)

15° *Médaille d'or* de la Société décernée à M. H. Remaury. (Séance du 20 juin, page 699.)

16° *Prix Giffard* (Somme de 500 francs pris sur le) attribué à M. D.-A. Casalonga. (Séance du 20 juin, page 700.)

17° *Emprunt* de 75 000 francs. (Résultat du tirage des 254 obligations à rembourser de l'). (Séance du 20 juin, page 701.)

18° *Production de l'emploi de la vapeur (Mémoire sur la)* de MM, L. Durant et A. Lencauchez, résumé par M. E. Polonceau. (Séance du 20 juin, page 702.)

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

31614 et 31615 — De M. Th. Turrettini (M. de la S.). *Utilisation des forces motrices du Rhône et régularisation du lac Léman.* Grand in-4° de 279 p. avec annexes et atlas grand in-folio de 40 pl. Genève, Soulier, 1890.

31616 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *La Société anonyme des charbonnages de Mariemont et la Société charbonnière de Bascoup à l'Exposition de 1889*, par Petau de Maulette. In-8° de 33 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31617 — Du même. *La Compagnie de Châtillon et Commentry à l'Exposition de 1889*, par L. Baclé. In-8° de 56 p. Paris, Génie civil, 1889.

31618 — Du même. *Compagnie industrielle des procédés Raoul Pictet*, par G. Petit. In-8° de 31 p. Paris, Génie civil, 1889.

31619 — Du même. *Fabrique d'essieux et de boulons de MM. Faugier et Cie de Lyon.* In-8° de 7 p. Paris, Génie civil, 1889.

31620 — Du même. *La Société anonyme des manufactures de glaces et de produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à l'Exposition universelle de 1889*, par R. Gentilini. In-8° de 61 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31621 — Du même. *Société anonyme de Commentry-Fourchambault à l'Exposition universelle de 1889*, par G. Lépany. In-8° de 32 p. Paris, Génie civil, 1890.

31622 — Du même. *Société anonyme de la Grande Tuilerie de Bourgogne à Montchanin-les-Mines*, par G. Petit. In-8° de 27 p. Paris, Génie civil, 1889.

31623 — Du même. *La machine à vapeur horizontale de 1 000 chevaux à l'Exposition universelle de 1889.* In-8° de 14 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

— Du même. *Notice sur la Société générale des Téléphones*, par R. Gentilini. Grand in-8° de 28 p. Paris, Génie civil, 1889.

Du même. *L'industrie du pétrole à l'Exposition universelle de 1889*. Grand in-8° de 82 p. avec pl. Paris. Génie civil, 1889.

De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Revue du sauvetage en France et à l'étranger*. N°s 1 et 2 de mars-avril 1890. Paris, Dubuisson et Cie, 1890.

De M. J. Imbs (M. de la S.). *Études économiques extraites du Génie civil*. In-8° de 68 p. Paris, P. Dupont, 1886.

De M. E. Trélat (M. de la S.). *L'eau pure à Paris*. In-8° de 8 p. Paris, P. Dupont, 1890.

De M. Belelubski (M. de la S.). *Edimbourg Internacional Exibition 1890. Objects exposed by Belelubski*. F° autog. et phot.

De M. A. Leger (M. de la S.). *Le travail et la paix sociale*. Grand in-8° de 34 p. Lyon, Association typographique, 1890.

De M. A. Macler (M. de la S.). *Algérie*. Album in-4° de photographies. Alger, Gervais Courtellemont, 1890.

De M. L. Poillon (M. de la S.). *Ordenanza general de aduanas maritimas y fronterizas*. In-12 de 348 p. Mexico, S. Andrès y Betemitas, 1890.

De la *Société anonyme des Tramways d'Odessa. Rapport du conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 18 p. Bruxelles, H. Monnens, 1890.

De la *Compagnie générale des Tramways de Moscou et de Russie. Rapport du conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 20 p. Bruxelles, H. Monnens, 1890.

De M. F. Bocquet. *Le dragage et ses applications*. Traduction de l'ouvrage en anglais d'Andrew Brown. In-8° de 23 p. avec pl. Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1890.

De M. A. Schillot. *Chemin de fer à navires de Panama avec achèvement ultérieur du canal à niveau*. In-4° de 60 p. avec pl. Paris, Ve Ethiou-Pérou et fils, 1890.

De M. Ventre-Bey (M. de la S.). *Analyses diverses relatives au sol égyptien*. In-4° de 14 p. autog., 1890.

Du même. *Note sur la mise en [illegible] ou au [illegible] en [illegible] égyptiens*. In-8° de 20 p. autog., 1890.

Du même. *Sol égyptien et engrais*. In-8° de 15 p. Le Caire, J. Barbier, 1890.

Du même. *Note sur une analyse du limon du Nil et sur l'épuisement du sol*. In-8° de 6 p. Le Caire, Imprimerie Nationale, 1890.

De Mme S[illegible]r et de MM. L. Caretti et E. Herscher (M. de la S.). *Traité de physique industrielle, production et utilisation de la

chaleur. Tome II, 1re partie. In-8° de 474 p., 2 exemplaires. Paris, G. Masson, 1890.

31643 — De M. Ch. Wehrlin. *Les moteurs à gaz et les moteurs à pétrole à l'Exposition universelle de 1889*. Grand in-8° de 62 p. Paris, E. Bernard et Cie, 1890.

31644 — De M. Bauchet. *Notice sur les cartes de l'Indo-Chine française*. In-8° de 10 p. avec pl. Hanoï, Schneider, 1889.

31645 — De M. W. de Nordling (M. de la S.). *L'unification des heures*. In-8° de 27 p. Paris, Société de Géographie, 1890.

31646 et 31647 — De M. Gauthier-Villars. *Annales de l'Observatoire de Nice*. Tome III, texte in-4°, et atlas in-4° ital. de 17 pl. Paris, Gauthier-Villars, 1890.

31648 — *Traité de physique industrielle. Production et utilisation de la chaleur*, par L. Ser. Tome Ier (in-8° de 896 p.). Paris, G. Masson, 1890.

31649 et 31650 — De M. Darantière. *Principes de l'assainissement des villes et de la banlieue*, par P. Pignant. 5e fascicule in-8° et atlas in f° de 36 pl. Dijon, Darantière, 1890.

31651 à 21662 — De M. La Vallée Poussin (M. de la S.). *Rapport général du Ministre des Travaux publics du Canada du 30 juin 1867 au 1er juillet 1882. Rapport annuel du Ministre des Travaux publics du Canada pour les exercices 1882 à 1889*. In-8° avec annexes et suppléments. Ottava, Macleau, Roger et Cie, 1882 à 1890.

31663 — De l'*Engineering Association of New South Wales. Minutes of Proceedings*. Vol. III, in-8° de 128 p. avec pl. Sydney, 1888.

31664 — De M. G. Fortin. *Vins. Rapport présenté à la Chambre syndicale des courtiers de marchandises, en réponse au Questionnaire adopté par le Conseil supérieur du commerce et de l'industrie, dans sa séance du 18 décembre 1889*. In-4° de 39 p. Paris, Rousset et Cie, 1890.

31665 — De l'*Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française, exercice 1889, 22e année*. Grand in-8° de 52 p. avec pl. Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1890.

31666 — De M. L. Walras. *Éléments d'économie politique pure*. In-8° de 523 p. Paris, Guillaumin et Cie, 1889 (2 exemplaires).

31667 — De M. Lavezzari (M. de la S.). L'*acquedotto di Venezia*. In-f° de 15 p. avec pl. Venezia, Naratovich, 1887 (2 exemplaires).

31668 — De la Société Industrielle de Mulhouse. *Association pour prévenir les accidents de fabrique. Compte rendu du 22e exercice*. Grand in-8° de 88 p. avec pl. Mulhouse, Ve Bader, 1889.

31669 — De M. Vaslin, de la part de M. Chapman (M. de la S.). *Twentieth annual Report of the Deputy Master of the Mint 1889*. In-8° de 136 p. London, Darling et Son, 1890.

31670 — Des mêmes. *Experience in the manufacture of oxygen on gas-*

works and the results of its praticals application to the purification of coal gas, par W. A. Vallon. In-8° de 30 p. London, 1890.

[illegible] — Du Ministre des Travaux publics. *Routes nationales. Recensement de la circulation en 1888*. In-f° de 320 p. avec pl. Paris, Imprimerie Nationale, 1890 (5 exemplaires).

[illegible] — De M. A. Quenet. *Cours pratique de chaudronnerie*, par A. Montupet. In-8° de 278 p. avec pl. Paris, A. Quenet, 1890.

[illegible] — Du même. *Guide du Traceur-mécanicien*, par Philippe Fay. In-8° de 279 p. avec pl. Paris, A. Quenet, 1890.

[illegible] — De M. le baron Quinette de Rochemont. *Les Ports maritimes de la Hollande : Rotterdam et Amsterdam*. In-8° de 132 p. avec pl. Paris, Vve Ch. Dunod, 1890 (2 exemplaires).

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin sont :

Comme membres sociétaires :

MM. J.-D. Barbier,	présenté par MM.	Buquet, Appert et Jordan.
A.-L.-G. Berrus,	—	Rey, Godillot et de Comberousse.
P. Chevillard	—	Josse, Vaslin et G. Richard.
J.-A. Damien,	—	C. Herscher, Trélat et Compère.
Ch.-U. Dubept,	—	Ch. Herscher, G. Lévi et Trélat.
A. Ferré,	—	Contamin, Polonceau et Morandière.
E. Fourné,	—	Ch. Herscher, Bougault et Pillet.
A.-E. Kabuffer,	—	Verdeaux, Grosset et Hauet.
L. E. Prat,	—	Ch. Herscher, Carette et Compère.
A. Rollet-Remy,	—	Aygalenq, Demolon et A. Olivier.
P. Rossigneux,	—	Arson, Frion et Gigot.
W.-P. Tresenry,	—	Chapman, Stilmant et Tweddell.

Comme membre associé :

M. W. Farjasse, présenté par MM. Périsse, Regnard et Vaslin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1890

Séance du 6 Juin 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de se trouver, comme cela lui arrive, hélas! trop souvent, dans la triste nécessité d'ouvrir la séance par l'annonce de la mort de l'un de nos collègues les plus estimés, de M. G. Portier, membre de notre Société depuis 1885.

M. G. Portier, sorti de l'Ecole Centrale en 1854, s'est consacré tout entier à la belle et grande industrie des mines, dans laquelle il a su acquérir une notoriété professionnelle qui lui a valu d'occuper successivement les hautes situations d'ingénieur du matériel et de chef des approvisionnements des houillères d'Anzin, puis de directeur-gérant de la Société des houillères de Courrières.

M. Portier n'a pas été seulement un ingénieur éminent ; il a su, de plus, se faire aimer et estimer par tous ceux avec lesquels il a été appelé à avoir des rapports ; sa perte est douloureusement ressentie par eux tous. La Société s'associe aux regrets que sa fin prématurée cause à ses amis et elle adresse ses plus affectueuses condoléances à ses deux fils, jeunes ingénieurs de l'Ecole Centrale, qui, guidés et conseillés par leur excellent père, se sont, eux aussi, consacrés tout entiers à l'industrie des mines.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de nos collègues MM. G. Eiffel et L. Baudet, l'un au grade de chevalier de Sainte-Anne de Russie (2e classe), l'autre à ceux de chevalier d'Isabelle la Catholique et de chevalier de l'ordre du Cambodge ; il leur adresse les bien vives félicitations de la Société pour ces distinctions si méritées.

M. le Président donne la liste, publiée à la fin de ce procès-verbal, des ouvrages et notices reçus depuis la dernière séance et demande à appeler d'une manière toute particulière l'attention de la Société sur l'un de ces ouvrages, le second volume du traité de la chaleur par Ser. La Société a reçu deux exemplaires, l'un lui est donné par Mme Ser et l'autre par MM. Carette et Herscher, qui, après la mort de notre regretté collègue, survenue avant qu'il lui ait été donné de mettre la dernière main à sa tâche entreprise, sont devenus les continuateurs de son œuvre et [illegible] à la faire bénéficier des derniers perfectionnements révélés par la magistrale Exposition de 1889. Cet ouvrage sur la chaleur constitue la publication la plus complète parue jusqu'à présent sur cette branche importante des connaissances nécessaires à l'Ingénieur, et cette publication doit nous être tout particulièrement sympathique, car l'enseignement de la chaleur et de ses applications est né en France, à l'École Centrale des Arts et Manufactures, et on ne saura jamais rendre un hommage assez mérité à la mémoire des Péclet, Thomas et Ser qui l'ont développé, vulgarisé et qui ont ainsi aidé pour une grande part aux progrès immenses réalisés par toutes nos industries, car toutes ont besoin de la chaleur et de ses applications.

Le Comité a déjà exprimé à Mme Ser, au nom de la Société, combien il était reconnaissant du témoignage de sympathie qu'elle venait de donner dans cette circonstance ; la Société remercie également MM. Carette et Herscher de leur envoi et les félicite du concours donné à cette publication si utile.

M. le Président rappelle qu'en vertu de l'article 4 du règlement intérieur, le vote sur l'admission des membres honoraires n'a lieu que dans la séance qui suit celle dans laquelle ils ont été présentés, et demande à la Société de ratifier par un vote unanime le témoignage d'affectueuse sympathie et d'estime qu'elle a voulu donner au corps si justement réputé, par sa science et son amour du progrès, des Ingénieurs russes, en nommant membres honoraires de notre Société : MM. Kotchoubey, Ghercevanoff, Belelubsky, Herzenstein.

Cette nomination est ratifiée à l'unanimité des membres présents.

M. le Président est heureux de pouvoir annoncer une manifestation [illegible] et des plus amicales, faite par les Ingénieurs espagnols en faveur de notre Société et du Génie civil français. Ils viennent de nommer membres honoraires de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone nos deux anciens présidents : MM. Reymond et Eiffel. La grande et universelle réputation de notre collègue M. Eiffel, l'extrême amabilité avec laquelle il s'est prodigué pendant nos réceptions le désignaient tout naturellement au choix de nos collègues de Barcelone et nous ne pouvons que nous montrer heureux de la nouvelle distinction qu'il vient d'obtenir. Non moins agréable est pour nous celle accordée à notre collègue M. Reymond, qui nous a donné tant de preuves de son dévouement à nos intérêts pendant sa présidence si bien remplie, et a organisé d'une manière toute magistrale, sans jamais marchander ni son temps ni ses peines, la belle excursion faite par notre Société en Espagne, excursion qui a tant aidé aux relations cordiales que nous

sommes heureux d'entretenir avec nos amis de l'autre côté des Pyrénées. M. Reymond n'est pas seulement un Ingénieur d'une grande valeur professionnelle et l'un de ceux qui, dans leur carrière, comptent le plus de beaux, grands et nombreux travaux, c'est aussi un collègue d'un grand caractère et d'un cœur généreux à l'excès, ne reculant devant aucun sacrifice pour faire le bien et aider à la marche en avant de l'humanité. Il est estimé de nous tous; nos collègues espagnols ne pouvaient faire de meilleur choix.

M. le Président a saisi le comité de la réponse à faire à cette manifestation par des nominations analogues; il a, en attendant, écrit au Président de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone pour lui exprimer tous les remerciements des Ingénieurs civils français et l'assurer qu'ils étaient très sensibles à ces manifestations de sympathie auxquelles ils attachaient le plus grand prix.

M. le Président annonce que M. F. Reymond abandonne neuf bons du dernier emprunt et M. Biver quatre bons; il leur adresse les plus vifs remerciements.

Puis il donne lecture de la lettre suivante de notre ancien président, M. Emile Trélat :

« Mon cher Président, le Congrès international d'hygiène et de démographie, qui s'est tenu à Paris en août 1889, a voté par acclamations l'érection à Gennevilliers d'un monument à la mémoire d'*Alfred Durand-Claye*, ingénieur en chef de l'assainissement de Paris et créateur des champs d'épuration parisiens.

» Le Comité d'initiative, qui s'est formé pour mettre ce vote à exécution, fait appel à tous ceux qui s'intéressent à la santé publique : savants, médecins, hygiénistes, ingénieurs, architectes, agriculteurs, municipalités, etc., pour illustrer le souvenir du savant ingénieur, du vaillant propagateur de l'assainissement des villes.

» Il me semble que je suis dans mon rôle en vous envoyant les pièces relatives à notre souscription et en vous priant de les communiquer à nos collègues auxquels Durand-Claye a toujours eu à cœur de faire connaître directement ses beaux travaux et qui l'ont toujours écouté avec la plus vive sympathie. Le Comité que j'ai l'honneur de présider serait reconnaissant à notre belle Société, si elle ne restait pas indifférente à l'œuvre de reconnaissance publique qu'il poursuit. »

M. le Président ajoute que le Comité a décidé de souscrire au nom de la Société pour la somme de 250 francs.

Il donne lecture d'une lettre de notre collègue, M. L. Poillon, actuellement au Mexique, dans laquelle il dit qu'ayant remarqué, dans le dernier Bulletin, que la Société discutait actuellement la communication de M. Émile Bert sur les *Traités de commerce et les Tarifs de douanes*, il lui semblait qu'il serait intéressant de réunir à notre bibliothèque les documents et règlements de douanes dans tous les pays du monde, et que cela serait facile, puisqu'il existe peu de pays où la Société des Ingénieurs civils ne compte pas quelques membres.

Cette lettre accompagnait l'envoi d'un exemplaire de *l'Arancel*, ou *Ordonnance des douanes mexicaines*.

M. le Président remercie M. Poillon et engage vivement nos collègues qui occupent ou ont occupé des positions à l'étranger ou y conduisent des travaux, à nous adresser des documents de ce genre : ils peuvent être utiles à beaucoup d'entre nous.

M. le Secrétaire a la parole pour présenter une analyse de l'ouvrage de M. Gibon sur *les Accidents du travail et l'industrie* (1). Il dit que nul n'était plus autorisé que notre savant collègue, M. Gibon, ancien directeur des forges de Commentry, à signaler les vues de l'industrie, à faire connaître ses desiderata sur la grave question des accidents du travail : au cours de sa longue carrière, il a su remplir, avec une perfection rare, le beau rôle qui nous semble dévolu à l'ingénieur, celui de pacificateur, d'intermédiaire aimable entre le patron et l'ouvrier.

Son livre est facile à résumer, grâce à l'ordre et à la clarté qui le distinguent. Dans un premier chapitre, l'auteur montre, en critique [illegible] erronée, la législation étrangère. Il combat la loi allemande qui rend l'industriel responsable de tout accident, quelle qu'en soit la cause, et qui établit l'assurance obligatoire; il proclame le bon sens et la justice de la loi suisse, qui fixe les maximums des indemnités et établit suivant une échelle croissante, selon que l'accident résulte d'une faute lourde de la victime, du risque professionnel ou de la faute [illegible] du patron; enfin, il profite d'un court exposé de la situation en Belgique et en Angleterre pour proclamer les bienfaits de la liberté.

M. Gibon établit ensuite, dans un chapitre sur les mesures préventives, que « c'est surtout sur l'action de l'initiative privée qu'il faut compter pour arriver à réduire les accidents d'une manière continue. » Puis, s'occupant des victimes d'accidents que la science est encore impuissante à [illegible], il reconnaît que la loi pourrait dire, comme sanction des [illegible] qui sont l'honneur de notre grande industrie, « *que tout accident causé par une cause inhérente à un travail, qualifié dangereux et dont l'ouvrier n'est pas le maître, constitue au premier chef le risque professionnel pour lequel l'industriel doit une compensation à la victime ou à ses ayants droit* ».

Il s'agit maintenant de déterminer les charges qu'entraînent les accidents de l'industrie, les conditions de l'assurance. A défaut d'une statistique complète des accidents, M. Gibon se voit contraint de déclarer la difficulté », il aurait pu dire l'impossibilité, « dans laquelle on se trouve pour fixer sûrement les risques ». Dès lors, comment prévoir les capitaux nécessaires au service des pensions et indemnités? Force est de repousser l'assurance obligatoire, de refuser l'État assureur, de [illegible] à la toute-puissance de la liberté!

L'enquête du comité central des houillères de France, suscitée et conduite par M. Gibon (1884-1888), vient également démontrer qu'il est impossible de faire une loi répondant avec justice à tous les intérêts.

Sur cette constatation, l'auteur relate d'une façon succincte, d'après les plus récentes données, les résultats des institutions de secours et de prévoyance qui ont spontanément germé dans l'industrie française. Il [illegible] ainsi, mieux que par de longs panégyriques, que la loi peut et

(1) Cette étude sera insérée in extenso dans un prochain bulletin.

doit s'appuyer sur ces institutions qui constituent un lien social des plus puissants, aider même à leur développement « en donnant à l'industrie le simple privilège de soigner elle-même ses blessés, aux conditions qu'elle fixera et pendant tout le traitement, jusqu'au moment où la guérison sera complète ou jusqu'au moment où sera définie l'incapacité permanente de travail partielle ou absolue ».

M. Gibon aborde alors l'examen des diverses propositions de loi présentées ou discutées, soit à la Chambre des députés, soit au Sénat. Il accepte la décision du Sénat qui « a voulu que la faute lourde fût à la charge de son auteur, que la responsabilité de l'industriel ne fût engagée que dans une industrie où le travail sera reconnu *dangereux et pour les accidents résultant du fait du travail ou à l'occasion du travail.* » Après étude critique de l'ensemble du projet en instance au Parlement, il termine en demandant à nouveau que les caisses de secours et mutuelles reliées à la loi soient chargées du traitement, que la loi suscite la création d'associations pour prévenir les accidents et assurer l'hygiène des ateliers qui fonctionneraient à la façon des associations privées des propriétaires de chaudières à vapeur. Puissent ses sages avis et ses appels à la prudence être entendus!

M. le Président remercie M Salomon d'avoir si bien résumé l'ouvrage remarquable à tant de titres que notre collègue, M. Gibon, vient de publier sur les accidents du travail et l'industrie; personne n'était plus désigné que M. Salomon, qui étudie avec tant de dévouement ces questions, pour analyser ce livre. Cet ouvrage, résumé des observations et études constantes d'un ingénieur qui, à une grande notoriété acquise dans le monde de la métallurgie pendant près d'un demi-siècle de travaux, d'études et de découvertes, joint les qualités d'un grand philanthrope, constamment occupé à améliorer la situation morale et matérielle de ses collaborateurs de tous les jours, demandait à être signalé, aujourd'hui surtout que ces questions sont à l'ordre du jour. Nous avons pensé qu'il était utile à la cause du bien-être à donner aux ouvriers, au milieu desquels nous vivons et dont nous avons le plus grand souci, de faire connaître l'avis d'un homme aussi autorisé que M. Gibon; nos statuts nous y autorisent d'ailleurs, puisqu'ils stipulent à l'article 4 que la Société a aussi pour but de poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays.

Ce travail, qui ne peut être discuté en ce moment, le sera à l'occasion d'une communication prochaine sur un sujet analogue.

M. S. Périssé a la parole pour présenter une communication sur *les chaudières à vapeur à l'Exposition universelle de 1889* (1).

M. Périssé expose qu'un groupe de membres de la Société a visité et étudié les chaudières à vapeur fixes de l'Exposition de 1889. Trois d'entre eux se sont chargés d'en rendre compte : M. Périssé, en ce qui concerne la description et les caractères généraux ; M. Compère, au point de vue

(1) Cette communication est insérée *in extenso* dans le Bulletin de mai 1890, p. 524 et suivantes.

[illegible] sécurité, et M. Paul Regnard, au point de vue des foyers et de [illegible]sation du combustible.

M. Périsse donne communication de son travail, principalement des[illegible]. Il a classé les chaudières de 1889 en cinq catégories :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires ;
2° Chaudières à foyer intérieur ;
3° Chaudières tubulaires proprement dites ;
4° Chaudières à gros bouilleurs ;
5° Chaudières diverses.

Les quatre dernières catégories n'étaient représentées chacune que par deux ou trois types et, quant à la première, elle comprenait à elle seule une vingtaine de chaudières.

Le Mémoire de M. Périsse devant figurer *in extenso* au Bulletin de [illegible], il suffit de ne donner ici, pour ainsi dire, que la nomenclature des chaudières exposées.

Les chaudières multitubulaires sont loin de se ressembler toutes, et en les comparant, par exemple au point de vue de la marche et de la circulation du liquide et de la vapeur, M. Périsse en trouve dans lesquelles le liquide se meut en zig-zag, comme dans la Belleville ; dans d'autres, les veines liquides, plus ou moins gazeuses, font retour sur elles-mêmes concentriquement, comme dans les Collet, et dans un grand nombre, la circulation générale suit un chemin trapézoïdal. Il veut parler des chaudières genre Babcock et Wilcox, composées essentiellement d'un faisceau tubulaire inférieur très incliné, d'un corps cylindrique supérieur horizontal, réunis à l'avant et à l'arrière par deux [illegible] parallèles. Enfin, un certain nombre ont une circulation qui leur est propre, telles que les chaudières Oriolle et Trépardoux.

Les chaudières multitubulaires se prêtent facilement à un sectionnement des parties essentielles qui les composent. Il est facile de les disposer en une série d'éléments juxtaposés, plus ou moins indépendants les uns des autres, ce qui présente des avantages à bien des points de vue. Mais, par contre, ces chaudières ayant un volant de chaleur moins grand exigent plus de soins pour être maintenues en marche régulière. Aussi, pour augmenter le réservoir d'énergie, plusieurs constructeurs ont été amenés à augmenter la tension de vapeur, condition facile à réaliser, puisque les tubes bouilleurs de petit diamètre sont capables de résister à de hautes pressions, tout en présentant de minces épaisseurs de métal.

Les différentes chaudières exposées, et principalement les chaudières [illegible], sont ensuite décrites en suivant l'ordre des cinq catégories ci-dessus.

Ces chaudières sont les suivantes :

1° *Chaudières multitubulaires.* — Belleville ; de Naeyer ; Babcock et Wilcox ; Root ; Collet ; Roser ; Moreille et Cie ; Terme et Deharbe ; [illegible] et Bonche-Le Brun, Pille et Davde constructeurs ; Montupet ; [illegible], Oriolle ; de Dion ; Bouton et Trépardoux ; Lagrafel et d'Allest ; [illegible].

2° *Chaudières à foyer intérieur.* — Les chaudières à foyer amovible

du système Thomas et Laurens, exposées par la Société centrale de Pantin (Weyher et Richemond) et par MM. Archambault et Sourain ; la chaudière à foyer intérieur amovible de la Compagnie de Fives-Lille, et la chaudière Galloway.

3° *Chaudières tubulaires, type locomotive.* — De MM. Davey-Paxman et Cie.

4° *Chaudières à gros bouilleurs.* — Les générateurs semi-tubulaires de Meunier et Cie et de Fontaine ; la chaudière à bouilleurs inclinés superposés de Dulac, d'Armentières, exposée par M. Trainard.

5° *Chaudières diverses.* — Chaudière Dulac, de Paris ; le générateur « Le Hérisson », exposé par MM. Imbert frères ; la chaudière de pompe à vapeur, exposée par M. Durenne, et, enfin, la chaudière Serpollet, à vaporisation instantanée.

M. le Président remercie M. Périssé du travail si instructif et si intéressant qu'il a présenté à la Société et qui servira de base à la discussion qui s'ouvrira sur ce sujet.

M. Ch. Compère a ensuite la parole pour compléter l'étude descriptive présentée par M. Périssé, en mettant en relief les progrès réalisés dans les chaudières à vapeur au point de vue de la sécurité publique (1).

Ce sujet est trop vaste pour être examiné sous tous ses rapports, aussi se borne-t-il à présenter les lignes générales, en ce qui concerne les générateurs multitubulaires, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, la construction de chaudières et l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Progrès réalisés par l'emploi des chaudières multitubulaires. — Un fait capital, qui a pu frapper les visiteurs de l'Exposition, c'est l'extension des générateurs à petits éléments, dits multitubulaires. Cette extension est justifiée par les avantages que présentent ces générateurs, avantages que M. Olry, Ingénieur en chef de mines, a fait ressortir très complètement dans le remarquable travail qu'il a présenté l'an dernier au Congrès international de mécanique appliquée ; M. Compère les énumère successivement.

Les générateurs multitubulaires répondent à des besoins nouveaux de l'Industrie que l'Exposition de 1889 a fait ressortir nettement et qui réclament de grandes forces à l'intérieur des villes, dans les maisons habitées même et dans des lieux fréquentés par un public nombreux, notamment pour l'éclairage électrique.

L'installation de telles forces n'était possible qu'à la condition expresse de présenter toute sécurité aux personnes se trouvant dans leur voisinage ; les magasins, les théâtres, les hôtels, etc., sont des exemples frappants de ce nouveau programme de l'industrie, lequel peut se résumer ainsi : beaucoup de surface de chauffe, faible encombrement et, la matière explosive des chaudières étant l'eau chaude, peu d'eau.

Ce programme est bien réalisé par les générateurs multitubulaires.

(1) Voir le texte *in extenso* de cette communication dans le Bulletin de mai 1890, p. 5[illegible] et suivantes.

Au point de vue de la sécurité ainsi obtenue, les chaudières à petits ...ents doivent être divisées en deux classes :

La première classe comprend les chaudières qui ne comportent que ...tubes, telles que les générateurs Belleville, dans lesquels l'eau n'oc... qu'une fraction du faisceau tubulaire ; dans la seconde classe, ...prend la plupart des types multitubulaires, le faisceau tubulaire ...ment rempli d'eau, et le niveau est remonté dans un réservoir ...eur d'une capacité plus ou moins grande. Dans cette seconde ..., les dangers consécutifs d'explosions sont moins complètement ...

Les règlements administratifs rendent d'ailleurs possible l'extension ...générateurs multitubulaires ; mais ils seraient encore insuffisants ...besoins de plus en plus grands de l'industrie ; aussi comportent-... pour ces générateurs la possibilité d'accorder dispense des conditions ...placement.

Il est maintenant alors possible de monter à l'intérieur des villes, comme ..., des surfaces de chauffe considérables en générateurs multitubu... tout en assurant la sécurité publique.

..., au point de vue des risques du voisinage, les chaudières multitu...laires peuvent ainsi, dans une certaine mesure, justifier l'appellation *...explosibles* qui leur est donnée souvent, il est intéressant de chercher ...les faits acquis, s'il en est de même pour le personnel chargé de ... conduite, lequel est exposé directement aux accidents possibles, ...s que ces accidents peuvent rester ignorés du voisinage.

Les statistiques officielles pourraient seules donner des indications à ...jet ; elles sont relatées chaque année dans le *Journal officiel ;* mais ... consultant, on arrive à constater qu'elles doivent être forcément ...plètes, surtout en ce qui concerne les chaudières multitubulaires.

Cette réserve faite, la proportion officielle des accidents arrivés dans ...ploi des chaudières à petits éléments a été donnée dans le travail de M. Olry ; les morts et les blessures qui y sont consignées n'ont frappé ...es préposés à la conduite des appareils.

De 1870 à 1875 (6 ans), il ne s'est pas produit un seul accident.

De 1876 à 1888 (13 ans), leur nombre a été de quatorze, dont deux en 188... ; en 1887 et un en 1888 ; ils ont occasionné la mort de huit ...rs et des blessures à quatorze autres, soit en tout vingt-deux vic...

... un de ces accidents n'a produit d'effets dynamiques appréciables. ... chiffres, rapportés au nombre de générateurs multitubulaires en ..., montrent que ces générateurs sont plus sujets que d'autres aux ...

... autres termes, la moindre importance individuelle de leurs acci... sont compensée, dans une certaine mesure, par une fréquence ...ande.

Ces conclusions, que les faits réels viennent encore renforcer, ne sont ... sans laisser une certaine inquiétude dans l'esprit, d'autant plus ... matière d'accidents le hasard joue un grand rôle, pour employer ...t à l'ordre du jour, le risque professionnel des conducteurs de gé...rateurs multitubulaires est de beaucoup augmenté.

M. Compère entre ensuite dans quelques détails afin de tirer des accidents survenus dans l'emploi des chaudières multitubulaires un enseignement utile. Il indique de quelle manière ces accidents se répartissent relativement à leurs causes et il en tire, pour la marche des chaudières multitubulaires, des conclusions très importantes (1).

Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. — Au point de vue de la sécurité, l'Exposition a également mis en relief les progrès réalisés par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, qui ont exposé collectivement, et plus complètement encore qu'en 1878, des défauts de chaudières et des pièces provenant d'accidents et d'explosions.

Ces défauts, trouvés par les agents des Associations au cours des visites intérieures qu'ils font journellement aux chaudières, constituaient un terrible enseignement qui en disait plus que tous les traités possibles: vus et réparés aussi à temps, ils ne restaient plus des causes d'accidents. De telles visites doivent donc rassurer pleinement l'industrie, quand elle emploie des chaudières à grand volume d'eau, et qu'elle reste ainsi sous le coup des explosions.

M. Compère indique quels sont les principaux défauts des chaudières, puis il donne de très intéressants détails sur les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

Progrès réalisés dans la construction des chaudières. — L'Exposition de 1889 a montré aussi les progrès très importants réalisés dans la construction des chaudières par la substitution des tôles d'acier extra-doux aux tôles de fer.

Cette question a été très amplement traitée au sein de la Société, lors de la discussion du mémoire de notre Vice-Président, M. Périssé, sur les accidents aux tôles de coup de feu des chaudières; M. Compère indique les conditions qui doivent donner toute sécurité et que les progrès de la métallurgie et de la construction permettent de réaliser aujourd'hui.

Épuration préalable des eaux d'alimentation. — En terminant, M. Compère signale un autre progrès qui a aussi son intérêt: c'est l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Pour supprimer ou tout au moins diminuer les incrustations et les dépôts boueux à l'intérieur des chaudières, il était en effet beaucoup plus rationnel d'y introduire de l'eau exempte de sels calcaires que de chercher par des réactifs ou autres moyens à transformer à l'intérieur même les incrustations en boues, lors même que ces boues seraient recueillies intérieurement ou extraites au dehors. Il donne quelques détails sur les procédés d'épuration les plus connus.

M. le Président félicite M. Compère d'avoir si bien coordonné et résumé les faits qu'il vient d'exposer. Il croit devoir faire remarquer, à l'appui des observations sur l'épuration des eaux, que la Compagnie du Nord épure depuis plus de vingt ans les eaux servant à l'alimentation

(1) Bulletin de mai 1890, p. 550.

ces machines par des procédés très simples qui seront bientôt exposés dans cette enceinte.

M. P. R[illegible] a la parole pour présenter sa communication sur les foyers et l'utilisation des combustibles (1).

Il suit l'ordre adopté par M. Périsse, laissant de côté les chaudières locomotives et de locomobiles, pour s'occuper seulement des chaudières fixes, en décrivant les particularités relatives aux foyers pour les catégories suivantes :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires;
2° Chaudières à foyer intérieur;
3° Chaudières tubulaires proprement dites;
4° Chaudières à gros bouilleurs;
5° Chaudières diverses.

La tendance générale vers l'augmentation de la pression de la vapeur, conséquence logique du fonctionnement compound, semble avoir eu pour résultat un développement très notable des chaudières de la première catégorie, des multitubulaires, représentées par un nombre relativement considérable de types à l'Exposition.

Le peu d'emplacement qu'elles occupent, pour une surface de chauffe donnée, leur sécurité relative, résultant de la petite dimension de leurs éléments et de leur moindre volume d'eau et de vapeur sont des avantages importants dans bien des cas. Leur volant de chaleur est, par contre, moins considérable que celui des autres chaudières, et notamment des anciens types à bouilleurs, ce qui exige une plus grande attention de la conduite.

Il ne semble pas que cette attention ait également porté sur tous les [illegible] d'un chauffage méthodique et régulier, et nous avons été [illegible] chaque jour de l'épouvantable fumée vomie par le plus grand nombre des cheminées de l'Exposition, tant sur la berge que du côté de [illegible].

Sous le rapport de la fumivorité, les progrès ont été nuls ou presque nuls, par rapport à l'Exposition de 1878.

M. R[illegible] présente quelques considérations générales sur les combustibles dont les formes et les qualités sont bien variées et qui appellent des dispositions de foyer spéciales.

Puis il passe à la description succincte des foyers de la plupart des chaudières dont nous a entretenus tout à l'heure notre collègue M. Périsse.

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires. — M. R[illegible] passe successivement, en donnant sur chacune les [illegible] intéressants détails, les chaudières Belleville, de Naeyer, Babcock et Wilcox, [illegible], Roser, Chaises et Babinet, Terme et Deharbe, Lagosse et [illegible], Montaguet, Hanrez, Oriolle, de Dion, Bouton et Trépardoux.

2° Chaudières à foyer intérieur. — Bien que très répandues dans l'industrie et dans la marine, ces chaudières n'étaient représentées que par

(1) Ce mémoire est inséré *in extenso* dans le Bulletin de mai 1889, p. 563 et suivantes.

un petit nombre de types, parmi les générateurs en service pour la fourniture de la vapeur à l'Exposition universelle de 1889.

M. Regnard décrit deux chaudières du type bien connu de nos éminents collègues Thomas et Laurens, dont une exposée par la Société centrale de construction de machines à Pantin, et l'autre par la maison Archambault et Soucaille; il signale ensuite les foyers de Fox, dont la section anglaise présentait de superbes échantillons et qui nous semblent apporter une certaine garantie contre la fatigue causée au métal par l'inégalité des dilatations, en même temps qu'une augmentation importante de résistance à l'écrasement. Puis il donne quelques indications sur la chaudière Galloway.

3° *Chaudières tubulaires.* — Ces chaudières sont essentiellement celles des locomotives et locomobiles. Invention française, ce type a rendu à la locomotion à vapeur le plus immense et indispensable service; il ne sera probablement pas de sitôt supplanté dans cette application où l'emploi du tirage forcé active la combustion en raison même de la dépense accusée par chaque coup d'échappement. Mais pour les chaudières industrielles fixes, M. Regnard croit que le système des multitubulaires est appelé à le supplanter complètement et il n'a qu'une application importante à citer de chaudières en feu de ce type, c'est la belle installation des chaudières type locomotive de M. Davey Paxman et Cie dans la cour intérieure de l'électricité. Le grand intérêt de cette installation, unique peut-être par la propreté qu'elle assurait à la chaufferie et intéressante surtout par la médiocre qualité des menus qu'on y brûlait, l'amène à parler des foyers de notre collègue M. Godillot, appliqués à tout l'ensemble de cette batterie et sur lesquels il donne de très intéressants renseignements.

4° *Chaudières à gros bouilleurs.* — Trois chaudières seulement sont à citer dans cette catégorie, qui, pendant longtemps, a comporté le plus grand nombre des chaudières d'usine et qui, notamment en Alsace et dans le Nord, a été de tout temps justement appréciée pour des qualités sérieuses: volant considérable de chaleur, simplicité de construction, facilité de conduite, etc.

La chaudière semi-tubulaire de la maison Meunier et Cie, de Fives-Lille; une chaudière semi-tubulaire également, exposée par la maison Fontaine, de Lille, et une chaudière système Dulac, d'Armentières, exposée par M. Trainard, constructeur à Vienne (Isère). M. Regnard donne quelques détails sur la construction de ces chaudières.

5° *Chaudières diverses.* — Notre collègue M. Dulac, dont la chaudière a donné lieu déjà, en 1883, à un intéressant rapport présenté à notre Société par notre ancien président, M. Brüll, exposait une chaudière en feu qui présente de nombreux sujets d'étude. M. Regnard indique les particularités de sa construction en ce qui concerne le foyer et ses avantages.

Puis il passe à la chaudière de MM. Imbert frères par eux dénommée le *Hérisson*, et à celle de M. Durenne, de Courbevoie, qui est une chaudière spéciale pour mise en pression très rapide, avec un poids réduit et une grande puissance de vaporisation.

En terminant M. Regnard exprime un vif regret, celui de ne pouvoir ... sur les diverses chaudières qu'il a passées en revue des chiffres ...ntiques relatifs à leur production, par unité de surface de chauffe, ...ur production par kilogramme de combustible, à tout ce qui permet... en un mot de les comparer utilement, de les juger par des chiffres. Et c'est constater une grande et regrettable lacune à son avis, dans le ...p d'œil rétrospectif que nous jetons maintenant sur notre grande ...xposition, disparue, que de voir qu'aucune expérience comparative, aucun essai officiel, confié à des ingénieurs autorisés, n'a été fait sur ... chaudières et les machines à vapeur, à l'instar de ce qui s'était passé, ... sans intérêt et sans utilité, à l'Exposition d'Anvers.

I... rappelle qu'à l'occasion d'une communication de notre vice-prési...t, M. Périsse, relative à des accidents de coup de feu à des chau...res à vapeur, M. de Laharpe et lui ont soumis à la Société quelques ...ations sur l'importance des efforts que peut déterminer, dans les ..., la différence des températures entre la paroi extérieure et la paroi ...eure. Il exprimait alors le vœu que des expériences fussent faites ... important sujet. Il ne saurait donc aujourd'hui passer sous silence ... très remarquables et intéressantes expériences faites depuis cette ...que par M. Hirsch, le savant professeur du Conservatoire des Arts ... Métiers, avec la collaboration de notre sympathique collègue, M. Alfred ...a, expériences qui ont été relatées dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* et dans le *Bulletin* de mai dernier de la Société d'En...couragement. Des chiffres très intéressants publiés dans ce travail, il ... seulement que si la température de la paroi externe de la tôle ne ...asse normalement que de 100 à 150° celle de l'eau dans une chaudière ... état, cet écart de température peut aller jusqu'à plus de 300° ... la tôle est recouverte d'incrustations ou qu'une autre cause, ...ures dans les tôles ou présence de certains corps gras, vient s'op... à la transmission de la chaleur. Il indique à ce sujet une expé...nce due à M. Hirsch qui permet de s'en rendre parfaitement compte : ... fond d'une écuelle en fer battu, on trace une marque avec le ... humecté d'huile de lin ; puis on remplit d'eau, on chauffe à une ... température et l'on remarque que la tôle rougit à l'endroit où ... passé le doigt. Il appelle l'attention de nos collègues sur cette ...ortante question des différences de température, car il est pour lui ... que la plupart des accidents arrivés aux chaudières chauffées à ..., et notamment aux chaudières de torpilleurs, n'ont pas d'autre ... que les inégalités de dilatations dues à ces variations dans la tem...ature des parois. S'il n'en est pas de même dans les foyers de locomo...s, quelle que soit pourtant l'activité de la combustion, cela tient ..., à son avis, à l'excellente circulation qu'assure leur forme spé... en contre-bas du corps principal.

M. le Président remercie M. Regnard d'avoir si bien complété les ... premières parties du travail d'ensemble entrepris par nos collègues ... la question des générateurs à vapeur, qu'il a développées et dont ...ucoup de membres tireront profit.

Les mémoires de MM. Périsse, Compère et Regnard vont paraître dans

le Bulletin de mai, afin que la discussion puisse en être entreprise en toute connaissance de cause.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 20 juin 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT se trouve, comme cela lui arrive malheureusement trop souvent, dans la triste nécessité d'ouvrir la séance par l'annonce de la mort de deux de nos collègues des plus estimés, de M. Félix Moreaux, administrateur de la Compagnie de Fives-Lille et membre de notre Société depuis 1864, et de M. L.-E. Potelet, ancien chef de la comptabilité du service des magasins de la Compagnie d'Orléans, membre de notre Société depuis 1880.

M. F. Moreaux, ancien élève de l'école de Châlons, dont il est sorti en 1846 le premier de sa promotion, a été attaché, dès l'année 1847, aux ateliers d'Oullins, qui ont donné naissance à la Société de Fives-Lille qu'il n'a plus quittée depuis. Il a grandi avec cette Société dont il est devenu rapidement l'un des représentants les plus autorisés, et a contribué pour une part importante à développer sa bonne renommée en France et à l'étranger où elle a si puissamment aidé à conquérir certains marchés à l'Industrie nationale.

C'était un homme possédant de grandes qualités professionnelles et morales; il vous accueillait avec une grande affabilité, était extrêmement bon et profondément attaché au personnel qui avait collaboré à ses travaux et dont il avait conservé toute l'affection. Sa perte est vivement ressentie par tous ceux qui l'ont connu et c'est avec un sentiment de très grand regret que la Société s'associe à la douleur de sa famille et de ses amis.

Un de ses collaborateurs dévoués retracera sous peu sa vie si bien remplie.

M. L.-E. Potelet était un collègue que ses grandes qualités de caractère [illegible] avaient amené à occuper un des postes de confiance les plus [illegible] de la Compagnie d'Orléans. Très bienveillant et profondé[illegible] à toutes les œuvres qu'il patronnait, il était estimé et aimé [illegible] qui le connaissaient ou se trouvaient en relations avec lui. [illegible] donné à M. le Président d'apprécier tout particulièrement sa [illegible]abilité et son extrême obligeance à la réunion des chefs de [illegible] chemins de fer dont il était le trésorier et l'un des membres [illegible] actifs, il y laisse d'unanimes regrets que partagent tous ceux [illegible] connu cet homme de bien.

M. [illegible] Polonceau. — M. Potelet était chef de la comptabilité générale et [illegible] du service du Matériel et de la Traction de la Compagnie [illegible]. Dans ces fonctions, qu'il a remplies sous la direction de M. [illegible] Polonceau et de M. Forquenot, il a organisé le service de la [illegible] et des magasins d'une manière remarquable, avec une [illegible], et il s'est occupé des questions ouvrières, au point de [illegible] magasins de denrées, des vêtements, de l'installation de réfec[illegible] de la société de secours mutuels ; il a fait des travaux considéra[illegible] était aidé dans ses travaux par M. Cochin, un administrateur [illegible] Compagnie d'Orléans encore regretté par tout le personnel. M. Po[illegible] laisse dans toute la Compagnie d'Orléans des sentiments de regret [illegible] le bien qu'il a fait dans son service.

M. le Président remercie M. Polonceau au nom de la Société des pa[illegible] qu'il vient de prononcer, et dont les [illegible] sympathique [illegible] reconnaissance par la famille de notre collègue.

M. de Serres. — C'est avec une profonde affliction que j'apprends le [illegible] ami, M. Félix Moreaux. J'ai vu M. Moreaux à l'œuvre, en [illegible], dans les conditions exposées par M. le Président. Il était un [illegible] qui, à l'étranger, portent haut le drapeau de la patrie. Il a [illegible] en Autriche le souvenir d'un homme de talent. J'ai eu le grand [illegible] de l'avoir comme collaborateur au chemin de fer de l'État, en [illegible], je ne puis que confirmer ce que M. le Président vient de [illegible] M. Moreaux était un grand Ingénieur et un grand patriote.

M. le Président dit que la Société est reconnaissante à M. de Serres du [illegible] affectueux qu'il vient d'accorder à notre collègue disparu. Ce [illegible] d'estime lui est d'autant plus précieux qu'il tire une valeur [illegible] de la haute situation occupée par M. de Serres en Au[illegible] qui le rendait bon juge pour apprécier la valeur profession[illegible] des hommes et des sociétés.

M. le Président a le plaisir d'annoncer l'abandon fait par notre col[illegible] M. L. Durant des 2 bons qu'il avait souscrits à notre emprunt de [illegible] remercie au nom de la Société.

[illegible] la satisfaction de pouvoir faire connaître une distinc[illegible] honorables accordée à notre sympathique collègue [illegible] qui vient, en souvenir des nombreux encourage[illegible] toujours prodigués à la science, d'être nommé membre

libre de l'Académie des Sciences. C'est un témoignage d'estime auquel la Société est heureuse de s'associer et d'applaudir.

M. le Président donne la liste des ouvrages et mémoires remis à la Société, et appelle son attention d'une manière toute particulière sur le premier volume d'un travail extrêmement important sur l'Économie politique, qui nous est adressé par M. Léon Walras, professeur à l'Académie de Lausanne. Ce premier volume, qui traite de la Théorie de la Richesse sociale, contient une solution mathématique du problème de la détermination des prix courants, ainsi qu'une formule scientifique de la loi de l'offre et de la demande qui va être analysée par notre savant collègue, M. Emile Bert, et fera l'objet d'une communication prochaine à la Société.

M. le Président annonce que le Comité a proposé de répondre au souvenir si cordial qui vient de nous être donné par l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone en nommant membres honoraires de notre Société deux de leurs plus sympathiques collègues : M. Rosend Llatas y Riera et M. Cornet y Mas.

Il est heureux de constater l'accueil bienveillant fait à cette proposition sur laquelle, pour se conformer à l'article 4 de notre règlement intérieur, on ne pourra voter que dans la séance du 18 juillet prochain.

M. le Président a enfin la satisfaction de pouvoir annoncer à la Société une nouvelle manifestation on ne peut plus sympathique faite en sa faveur par des collègues étrangers et amis. Ce témoignage d'estime, s'ajoutant à tant d'autres, vient de nous être donné par l'Institut royal néerlandais qui, dans sa séance du 12 janvier dernier, a, sur la proposition de son Comité, nommé unanimement MM. G. Eiffel et V. Contamin membres honoraires de leur Institut. La Société ne peut que se montrer honorée par ce souvenir affectueux donné à des relations que nos réunions de l'année dernière ont rendues plus intimes et que nous ferons notre possible pour rendre de plus en plus cordiales. Ce souvenir doit nous être cher à bien des titres, car il émane d'une réunion d'Ingénieurs de grande et juste notoriété, justifiée par de beaux et classiques travaux qui font le plus grand honneur à leur instruction théorique et professionnelle; et il nous arrive d'un pays qui s'est toujours montré bienveillant pour notre chère patrie, et avec lequel nous sommes heureux d'entretenir les meilleures et plus affectueuses relations.

M. le Président a adressé ses remerciements les plus chaleureux à l'Institut et proposé au Comité de répondre à ce témoignage d'estime par une manifestation tout aussi sympathique ; des propositions conformes seront transmises sous peu à la Société.

L'ordre du jour appelle l'exposé financier de la Société. M. H. Courcl, trésorier de la Société, a la parole.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1890

Nombre de Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était au 30 novembre 1889 de	2 274
Au cours du 1er semestre 1890, les admissions de membres se sont élevées à	62
Formant un total de	2 336
Il est à déduire, par suite de décès, démissions ou radiations.	47
Le total des Membres de la Société est ainsi à la date du 1er juin 1890 de.	2 289

Situation de la caisse au 1er juin 1890.

Le mouvement de la caisse, tel qu'il résulte du tableau annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1889, était de Fr. 21 930,60

Les recettes effectuées depuis cette date jusqu'au 31 mai 1890 se sont élevées :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations	Fr.	26 568 »	
Droits d'admission		1 900 »	
Intérêts des valeurs de portefeuille		3 738,60	
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces . .		4 538,75	
Locations des salles de séances de la Société.		4 245 »	
Remboursement des permis d'ascension à la Tour		3 275 »	
Recettes diverses		698,85	
			44 964,20

2° Pour le fonds inaliénable :

Donations : MM. Berge, Ph. Goldschmidt et Lasserandot		1 800 »	
Le total des encaissements du semestre est ainsi de.	Fr.	46 764,20	46 764,20
Le montant des recettes effectuées au 1er juin 1890, ajouté au solde de l'encaisse au 1er décembre 1889, s'élève à .	Fr.		68 694,80

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis . . . . Fr.	18 268,40	
Affranchissements et divers.	6 879,02	
Appointements et travaux supplémentaires .	10 494,30	
Frais de bureau et sténographie.	1 813,45	
Prêts et secours.	500 »	
Contributions et entretien de l'immeuble. . .	5 222,97	
Entretien et frais de la cité pour 1889	2 804,55	
Réceptions de 1889 (solde de factures). . . .	595,35	
Achat de livres pour la bibliothèque. . . .	2 508,70	
Pension de Mme Vve Husquin de Rhéville. . .	1 500 »	
		50 586,74
Le solde en caisse, à la date du 1er juin 1890, est ainsi de Fr.		18 108,06

L'examen de ces chiffres n'appelle aucune observation particulière ; je suis toutefois heureux de constater que l'appel adressé l'année dernière à ceux de nos collègues qui apportaient du retard dans le paiement de leurs cotisations a été entendu ; c'est ainsi que les recouvrements qui ont été faits dans le premier semestre se sont élevés, cette année, à 26 568 *f*, alors que les rentrées n'avaient été que de 18 186 *f* dans la même période de 1889.

Vous remarquerez que le semestre écoulé a dû supporter des charges exceptionnelles qui sont la conséquence des réceptions que nous avons faites l'année dernière, à l'occasion de l'Exposition universelle, aux Ingénieurs étrangers. Telles sont les dépenses d'entretien de l'hôtel dans lequel nous avons dû faire divers travaux pour être en mesure de recevoir dignement nos invités ; nous aurons encore, pour ce motif, quelques mémoires, d'une valeur de 3 000 *f* environ, à solder dans le second semestre de l'exercice courant.

La réfection, faite en 1889, de la chaussée et des égouts, a porté à 2 804,55 *f* les frais d'entretien de la cité dans le premier semestre.

Ls Bilan, au 31 mai 1890, présenté dans la forme habituelle, peut donc se résumer comme suit :

A l'ACTIF, sont inscrits :

L'Hôtel de la Société pour. . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 432 obligations du Midi et 285 *f* de rente 3 0/0 (valeur d'entrée)	172 744,04
Les espèces en caisse.	18 108,06
Les achats d'ouvrages et frais de reliure pour la bibliothèque.	3 200,20
Le montant des bons de l'emprunt de 1889, abandonnés par divers souscripteurs.	11 000 »
A reporter. . Fr.	484 654,50

Report. . . Fr.	484 654,50
S[illegible] cotisations arriérées au 31 mai 1890. . .	19 645,50
[illegible] versements restant à effectuer par divers souscripteurs de l'emprunt	900 »
TOTAL. . . . . Fr.	505 200 »

Au PASSIF sont portés :

S[illegible] pour impressions et travaux divers. Fr.	15 702,10
[illegible] divers échus ou en cours, s'élevant à.	5 496,64
[illegible] "Fonds de secours".	852,47
[illegible] montant des dons et exonérations, que nous vous proposons d'employer en obligations pour grossir le fonds [illegible]	2 572,52
[illegible] l'emprunt de 1889 montant à	75 000 »
[illegible] intérêts à servir sur les Bons de l'emprunt au 1er juillet prochain.	1 920 »
L[illegible] de versements faits par quelques souscripteurs de l'emprunt avant la répartition définitive . . .	1 550 »
[illegible] Avoir de la Société ressortant à	402 106,27
CHIFFRE ÉGAL. . . . . . Fr.	505 200 »

Notre avoir au 31 mai a donc augmenté dans le 1er semestre de 3 157,26 f, il n'était en effet au 30 novembre dernier que de 398 949,01 f. Cette augmentation s'est produite malgré les charges exceptionnelles [illegible] il a été précédemment question, aussi peut-on en conclure que [illegible] situation financière est satisfaisante.

L'examen de notre actif vous révèle une augmentation de notre [illegible] ; elle vient de ce que notre collègue, M. E. Simon, nous a [illegible] un nouveau versement de 955 f, pour accroître l'importance de [illegible] fondation qu'il a faite sous le nom de notre ancien Président Michel [illegible], son oncle ; le fonds qu'il a ainsi constitué atteint aujourd'hui la [illegible] de 3 750 f ; qu'il reçoive ici l'expression de notre bien vive [illegible] reconnaissance.

D'autre part la générosité de nos collègues, souscripteurs de bons de l'emprunt de 1889, nous vaut une autre augmentation d'actif de 4 900 f, [illegible] abandon qui nous a été fait par eux de 98 bons pendant le [illegible] semestre écoulé.

Vous me permettrez de vous rappeler les noms de tous ces nouveaux [illegible] ; ce sont :

MM. Armengaud Jules; Armengaud Charles père; Boucher N.; Bou[illegible]; Boivin; Bevan; Battarel; Boatmy; A. Brüll; H. Bobin; L. Courtier; J. Chauveau; Carvallo; Chauvel E.; Fleury Jules; Fournier V.; [illegible]; Gaune; P. Jousselin; S. Jordan; de Kislanski; Ch. Lucas; [illegible]; Lemoine A.; Félix Moreaux; F. Mathieu; Petit; de Quillacq; [illegible] Ed.; Sagin F.

Je crois me faire votre interprète, en leur exprimant publiquement toute notre entière et profonde gratitude.

Depuis le 31 mai, date de l'arrêté des comptes de ce rapport, nous avons [illegible] de nouveaux abandons de bons, faits par MM. F. Reymond,

H. Biver et L. Durant, dons dont il sera tenu compte dans la prochaine situation financière.

Nous allons procéder au tirage qui vous a été annoncé de 254 bons de 50 *f* de notre emprunt. dont le remboursement aura lieu à partir du 1er juillet.

Ce remboursement allégera notre dette de . . . . . . Fr.	12 700
en outre, les généreux abandons de bons faits par divers souscripteurs représentant, à ce jour, une somme totale de	11 000
le 1er juillet prochain, l'emprunt de 1889 se trouvera ainsi réduit de . . . . Fr.	23 700

et son importance ne sera plus que de 51 300 *f*.

Dans l'espace d'une année, notre dette de 75 000 *f* se trouvera, par suite, ramenée aux deux tiers de sa valeur originaire.

En terminant, je dois vous rappeler que notre regretté collègue, M. Adolphe Meyer, décédé le 14 décembre dernier, fils et collaborateur de J.-J. Meyer, inventeur du système de détente variable auquel il a donné son nom, a institué notre Société sa légataire, à titre particulier, d'une somme de 20 000 *f* par son testament olographe en date du 21 mai 1888.

Nous avons formé une demande en délivrance de ce legs et toutes les pièces du dossier ont été remises à la ville de Paris (bureau des dons et legs), à l'effet d'obtenir les autorisations nécessaires à l'acceptation de ce legs.

Les légataires universels ont été envoyés en possession, suivant ordonnance du Président du Tribunal civil de la Seine, en date du 5 avril dernier; jusqu'à ce jour il n'a été formé aucune opposition à la délivrance du legs particulier fait à la Société et dont nous poursuivons l'envoi en possession.

Aucun changement n'est survenu dans la situation du legs Fusco, les lenteurs de la procédure judiciaire et les difficultés qui nous sont faites par les prétendus héritiers s'étant opposées jusqu'à ce jour à ce que nous soyons mis en possession du legs important qui nous a été fait.

En résumé, Messieurs, notre situation financière est bonne ; elle s'accroît tous les jours, soit par les dons que nous recueillons, soit par les legs qui nous sont faits: mais cette situation serait infiniment plus prospère si le nombre de nos Membres augmentait dans une proportion plus considérable, et c'est sur ce point que je crois devoir appeler votre attention en dernier lieu.

Nos admissions annuelles dans la Société représentent un chiffre à peine égal à la moitié du total des Ingénieurs qui entrent chaque année dans l'industrie; enfin, l'effectif de nos Membres est bien inférieur à celui des Ingénieurs français et étrangers qui résident en France.

C'est par le recrutement au dehors que notre Société pourra grandir encore, et j'adresse en terminant un chaleureux appel au dévouement de tous nos Collègues, pour qu'ils fassent de nouvelles et nombreuses recrues autour d'eux, dans le cercle de leurs relations immédiates; ils contribueront ainsi puissamment au développement et à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils. *(Applaudissements.)*

BILAN AU 31 MAI 1890

ACTIF			PASSIF		
Immeuble			**Créditeurs divers :**		
a Terrains et frais . . . Fr.	86 223,90		*a* Chaix, travaux exécutés et en cours .	10 486,80	
b Constructions et frais	150 814,65		*b*. Courtier . .	2 215,30	
c Mobilier et frais d'installation . .	42 563,65		*c* Mémoires et travaux divers	3 000 »	
		279 602,20			15 702,10
Fonds inaliénable :			**Prix divers.**		
a Fonds social 94 obligations du Midi. .	37 385,15		*a* Prix Nom	691 »	
b Legs Nom 19 » » . .	6 000 »		*b*. Prix Giffard reçu, 3 435,24, en cours, 632,90 .	4 068,14	
c. Legs Giffard 131 » » . . .	50 372,05		*c* Prix Michel Alcan. .	150 »	
d. Legs Michel Alcan (fondation E. Simon) . . .	3 730 »		*d* Prix Gougnet . . .	187,50	
e. Legs Gougnet (fondation famille Gougnet) .	4 295 »		*e*. Prix annuel.	400 »	
		101 782,20			5 496,64
Fonds courant :			**Fonds de secours**		552,47
204 Obligations du Midi.		70 961,84	**Valeurs à consolider :**		
Caisse :			Somme à porter au fonds inaliénable, après remploi	772,52	
Solde disponible		18 108,06	Exonérations du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890.	1 800 »	
Bibliothèque :					2 572,52
Volumes achetés, reliures		3 200,20	**Emprunt**		75 000 »
Titres abandonnés sur l'Emprunt par divers donateurs.		11 000 »	Créditeurs sur Emprunt de 1889		1 550 »
Restant dû sur l'Emprunt par divers souscripteurs . . .		900 »	Coupons au 1er juillet à payer sur les Bons de l'Emprunt.		1 920 »
Débiteurs			**Profits et pertes :**		
a Cotisations 1889 et années antérieures dues		6 395,75	Avoir de la Société		402 406,27
b Cotisations 1890 solde restant à payer sur les six premiers mois		13 250,75			
Fr.		505 200 »	Fr.		505 200 »

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

RECETTES

En caisse au 30 novembre 1889. . . . . Fr.		21 930,60
1° Pour le fonds courant :		
Cotisations 1889 et antérieures ; cotisations 1890 . .	26 568 »	
Droits d'admission	1 900 »	
Location des salles de séances.	4 245 »	
Abonnements, annonces, ventes de Bulletins. . .	4 538,75	
Intérêts des valeurs en Portefeuille	3 738,60	
Recettes diverses	698,85	
Remboursement des permis d'ascension à la Tour.	3 275 »	
2° Pour le fonds inaliénable :		
Exonérations.	1 800 »	
Total des recettes effectuées du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890.		46 764,20
Fr.		68 694,80

DÉPENSES

Par le fonds courant :		
Impressions. . . . . Fr.	13 884,60	
Planches et croquis	4 383,80	
Affranchissements et divers.	6 879,02	
Appointements et travaux supplémentaires	10 494,30	
Frais de bureau et sténographie	1 813,45	
Contributions.	1 154,07	
Entretien de l'immeuble	4 068,90	
Entretien et frais de la cité (réfection de la chaussée, égouts, etc., pour 1889)	2 804,55	
Bibliothèque : matériel, reliure et achats divers. . .	2 568,70	
Réceptions : solde de diverses factures.	595,35	
Prêts et secours	500 »	
Pension de Mme veuve Husquin.	1 500 »	
Total des sommes employées du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890.		50 586,74
Solde disponible au 31 mai 1890.		18 108,06
Fr.		68 694,80

M. le Président dit que les nombreux applaudissements qui viennent [illegible]cueillir l'exposé si bien présenté par M. Couriot de la situation finan[illegible] de la Société démontrent à notre sympathique trésorier combien [illegible] est reconnaissant du zèle qu'il apporte à la gestion et au contrôle [illegible] finances. Il semble se dégager des chiffres cités un accroissement [illegible]épenses du fait de nos publications ; les causes de cet excédent sont [illegible], et le Comité espère le ramener à un chiffre plus normal en fin [illegible], mais sans rien sacrifier, bien entendu, à l'intérêt et à la [illegible] de notre Bulletin et de nos publications, qui constituent nos [illegible] de propagande scientifique et utilitaire les plus puissants.

Notre situation financière se trouve, en somme, très satisfaisante ; les [illegible] de bons si généreusement consentis par un grand nombre de [illegible], à qui nous ne pouvons que renouveler nos remercie[illegible], [illegible] dans une proportion sensible les charges supplémen[illegible] que nous avions consenti à nous imposer ; attirons à nous de [illegible] collègues et nous nous trouverons largement en mesure de [illegible] face non seulement à nos obligations, mais aussi en situation [illegible]courager et de récompenser des travaux utiles.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier ; [illegible] la Société les approuve (*Applaudissements*).

L'ordre du jour appelle la proclamation des lauréats.

M. le Président prononce l'allocution suivante :

Mes chers Collègues,

Nous avons à décerner cette année deux prix ; notre prix annuel et le [illegible] Giffard. Le premier de ces prix, fondé par la Société dans [illegible] du 20 juillet 1880, doit être accordé à l'auteur du meilleur [illegible] déposé avant le 31 décembre de chaque année. Les travaux [illegible] et discutés dans l'année sont, vous le savez, renvoyés aux [illegible] du Comité ; chacune d'elles désigne celui de ces mémoires [illegible] juge le meilleur et c'est parmi ces derniers que la Commission [illegible] par le Président et les quatre Vice-Présidents choisit le lauréat.

Le second de ces prix, fondé par Giffard, est un prix triennal, d'une [illegible] d'environ 3 000 *f*, décerné, lui aussi, au meilleur mémoire remis [illegible] un sujet déterminé par une Commission formée du Président, des [illegible] Vice-Présidents et de deux anciens Présidents choisis par le [illegible] et dont la mission est de faire connaître le sujet à traiter dans [illegible] du mois de décembre qui précède, de deux années, la clôture du [illegible]. Quant aux mémoires remis, ils sont examinés et classés [illegible] un jury constitué dès le mois de janvier suivant et composé du [illegible] Président, des quatre Vice-Présidents et de six membres, dont trois [illegible] par le Comité et trois par la Société en réunion plénière.

Toutes les garanties d'un examen consciencieux se trouvent donc [illegible] dans l'ensemble des dispositions prises pour désigner les lau[illegible] auxquels la Société doit une médaille spéciale pour reconnaître [illegible] vues nouvelles qu'ils ont su développer en traitant les questions [illegible] ou industrielles qui ont fait l'objet des communications

examinées et, de même, pour apprécier la valeur professionnelle du mémoire faisant l'objet du sujet mis au concours par Giffard.

Qu'il me soit permis de constater tout d'abord combien chaque mémoire a été étudié avec conscience et combien à été grand l'esprit d'impartialité, le désir de justice et la compétence avec lesquels nos honorables collègues ont arrêté les décisions que je vais avoir l'honneur de vous faire connaître. Je rends ici un public hommage à leur zèle et les en remercie au nom de la Société.

La Commission qui a eu à examiner les propositions des quatre sections a été unanime pour décerner le prix annuel fondé en 1866 à M. H. Remaury pour sa remarquable communication sur les ressources minérales et sidérurgiques du département de Meurthe-et-Moselle. Plusieurs autres mémoires ont été proposés et discutés, mais aucun n'a semblé réunir les caractères de travail personnel et de renseignements nouveaux constituant par leur belle coordination une œuvre aussi complète. Il y a d'ailleurs lieu aussi de faire observer que le travail de M. Remaury fait suite à d'autres études antérieures qu'il a consacrées à la construction de l'usine de Pompey et à la métallurgie du Nord-Est, et que le candidat choisi est l'un de ceux qui ont le plus contribué au développement de l'industrie métallurgique dans le département de Meurthe-et-Moselle, que, de ce fait, il a non seulement fait honneur à notre corporation, mais bien mérité du pays.

C'est avec un sentiment de vive satisfaction, mon cher collègue, que j'ai l'honneur de vous remettre cette médaille. *(Applaudissements.)*

Quant au sujet à traiter pour le prix Giffard, il était, il faut bien l'avouer, tout particulièrement difficile ; c'était, vous le savez, le suivant :

« Mémoire sur les meilleures machines fixes à vapeur d'eau, à l'exclu-
» sion des machines de bateaux, des machines locomotives et locomo-
» biles. »

Et tout en laissant les auteurs libres de traiter ce sujet comme ils l'entendraient, on traçait un canevas du programme dans lequel on les engageait à se renfermer.

Un seul Mémoire nous a été présenté, signé par notre collègue M. D. Casalonga, dont nous avons eu bien des fois à louer le zèle et la conscience qu'il apporte dans l'étude des questions dont il entretient la Société. Le travail qu'il nous a remis est considérable comme groupement de renseignements et exposé des théories se rapportant à l'objet traité ; aussi a-t-il été examiné avec un soin tout particulier par les différents membres du jury et analysé dans toutes ses parties avec le plus vif désir de pouvoir accorder à un collègue extrêmement sympathique toutes les satisfactions qu'il recherchait en répondant à notre appel. Mais on n'a pas pu, malheureusement, découvrir dans son travail ce caractère d'exposé doctrinal qui devait caractériser les parties théoriques et dans la seconde partie, ce groupement et cette classification des types et expériences faites en vue de faire ressortir d'une manière claire et nette les progrès et transformations par lesquels a passé cette grande industrie des machines à vapeur depuis l'Exposition de 1878. La Commission s'est donc trouvée, tout en rendant justice aux recherches faites par notre

...gue, dans la nécessité de reconnaître que le mémoire remis ne remplissait pas toutes les conditions du programme et qu'il y avait lieu, conformément aux statuts, de reporter à trois ans la délivrance du prix à décerner cette année. Mais le jury a pensé devoir en même temps rendre un sincère hommage au travail très consciencieux de M. D. Casa-[illegible] en lui attribuant, à titre d'encouragement, une somme de cinq cents francs à prélever sur le legs de notre regretté collègue Giffard. (*Applaudissements*.)

C'est donc deux prix Giffard qu'il y aura lieu de décerner en 1893; les sujets à traiter seront publiés dans le courant du mois de décembre de cette année.

M. le Président prie la Société de désigner les deux membres chargés de procéder, avec l'un des secrétaires, au tirage des 254 obligations à rembourser.

La Société désigne M. Émile Bert, secrétaire, MM. Couriot et Spiral; il est procédé à ce tirage dans une salle contiguë.

M. le Président donne communication des numéros des bons de l'emprunt de 75 000 *f* sortis au tirage et qui sont remboursables à partir du 1er juillet 1890. Ces numéros sont les suivants :

29	313	441	562	731	859	1007	1179	1311
43	316	444	566	738	861	1012	1184	1346
79	326	456	569	740	862	1019	1186	1348
85	328	460	576	760	880	1023	1187	1353
110	340	466	585	761	881	1027	1188	1365
112	348	471	597	764	890	1042	1190	1367
134	352	472	619	765	892	1044	1192	1378
137	355	478	621	766	[illegible]	1047	1207	1380
139	358	479	623	769	[illegible]	1048	1209	1384
142	372	485	634	770	[illegible]	1050	1212	1395
153	375	487	642	774	907	1053	1213	[illegible]
[illegible]	381	488	643	780	912	1054	1221	[illegible]
[illegible]	387	494	647	781	917	1064	1238	1402
165	389	496	652	784	926	1082	1242	1408
176	390	500	664	786	928	1090	1247	1426
[illegible]	395	509	675	789	931	1098	1248	1429
[illegible]	400	511	677	790	937	1101	1263	1445
215	406	517	685	797	953	1117	1272	1452
217	407	518	687	798	954	1119	1292	1455
[illegible]	408	519	690	799	962	1120	1302	1466
219	409	521	695	810	963	1121	1306	1471
[illegible]	410	531	701	824	964	1141	1307	1473
[illegible]	418	532	717	836	965	1149	1308	1477
[illegible]	421	535	724	848	977	1155	1317	1482
[illegible]	422	540	725	851	985	1165	1323	1487
[illegible]	423	544	726	854	997	1168	1325	1494
[illegible]	426	546	727	855	999	1170	1327	1498
[illegible]	428	549	728	857	1003	1176	1330	1499
311	430							

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Polonceau, qui veut bien résumer la communication faite à la Société par MM. Durant et Lencauchez.

M. E. POLONCEAU dit que MM. Lencauchez et Durant ont remis à la Société un *Mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur*, qui peut se diviser de la manière suivante :

1° *Mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur considérée comme force motrice, principalement dans les locomotives.*

2° *Note sur le foyer, système Ten-Brink, appliqué aux locomotives.*

3° *Note sur l'appareil pour réchauffer l'eau d'alimentation, système Lencauchez.*

4° *Note sur les expériences faites en août et septembre 1885 sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans N°s 398, 394, 52.*

5° *Note sur le détendeur automatique de vapeur pour locomotives, disposé pour admettre à 10 kg dans les cylindres la vapeur produite à 15 kg dans la chaudière.*

6° *Note sur le système de distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant de MM. Durant et Lencauchez.*

M. E. Polonceau fait remarquer que c'est un travail très important, accompagné de nombreuses planches, qui sera inséré dans notre recueil mensuel, mais qui, par son étendue, ne peut faire l'objet d'une communication *in extenso*, et que ces deux collègues lui ont demandé d'analyser ce Mémoire, renfermant un grand nombre d'observations faites depuis une vingtaine d'années par le Service du Matériel et de la Traction de la Compagnie d'Orléans, et dont une partie ont été faites sous la direction et d'après les indications de mon éminent prédécesseur, V. Forquenot.

Il est de l'intérêt général de publier les observations et les essais fructueux ou infructueux qui sont faits, dans le but d'améliorer cet admirable outil, *la machine à vapeur :* faire connaître les bons résultats obtenus, c'est encourager l'application des appareils, l'adoption des modifications, des perfectionnements par lesquels on les a obtenus; de même que publier les insuccès, c'est empêcher des essais inutiles et, par suite, mieux guider les recherches de nos autres collègues.

MM. Durant et Lencauchez ont traité la question d'une manière générale, mais les observations se rapportent principalement aux locomotives.

Cette question des meilleurs moyens de produire et d'utiliser la vapeur est toujours à l'ordre du jour, car, comme le disent très justement les auteurs :

« La production et l'emploi de la vapeur sont encore l'objet de nom-
» breuses études, de discussions, ce qui prouve que les essais faits jus-
» qu'à présent pour en déterminer les conditions économiques n'ont pas
» encore réussi à résoudre ce problème d'ailleurs très complexe. »

Ils exposent les résultats obtenus en vue de réaliser une plus grande production de vapeur et une plus petite dépense de combustible, *les avantages du foyer Ten-Brink et du réchauffeur Lencauchez.*

[illegible] foyers disposés d'après le système Ten-Brink (dont la Compagnie [illegible] a muni 1 200 locomotives) sont de véritables gazogènes, car [illegible] provenant de la distillation de la houille située vers le haut de [illegible] supérieure, gaz qui ne sont pas brûlés, arrivent mélangés avec [illegible] brûlés et non brûlés ; comme l'oxyde de carbone, de la partie [illegible] de la grille fixe et de la grille mobile au retour de flamme et [illegible] sur des corps portés à une haute température (bouilleurs, cla-[illegible]), ils sont brûlés au moyen d'une insufflation d'air dirigée dans [illegible] par le clapet du gueulard.

[illegible] combustion est d'autant plus complète que, par suite du bouil-[illegible] a brassage des gaz.

[illegible] avantages et les résultats obtenus par la disposition Ten-Brink [illegible]

1° Une combustion complète et, par conséquent, économique, une [illegible] facilité d'emploi des charbons menus, la suppression de la fu-[illegible] avec les combustibles les plus fuligineux ;

2° Une augmentation de surface de chauffe directe par le bouilleur ;

3° Une meilleure circulation de l'eau autour du foyer ;

4° Une plus grande consommation de combustible par unité de sur-[face] de grille et, par suite, la possibilité d'une plus grande production [de] vapeur ;

5° Une action préservatrice sur la plaque tubulaire du foyer et sur [les] [illegible], par la présence du bouilleur, qui empêche l'action directe [illegible]

C'est par suite de ces divers avantages que les locomotives de la Com-[pagnie] d'Orléans, avec une surface de grille relativement faible, ont [une] production de vapeur considérable.

Ainsi, dans les essais faits en 1885 entre Orléans et Tours, la machine [illegible] poids de 45 t et d'une surface de chauffe de 119 m², a produit [illegible] de vapeur brute par heure pour une consommation de briquettes [de] [illegible] kg, correspondant :

1° A une consommation de briquettes de 473 kg par heure et par [mètre carré] de grille *incliné* ;

2° A une production de 9 kg de vapeur par kilogramme de briquettes.

Cette production de vapeur comprenant naturellement l'eau entraînée, [la production] de vapeur sèche peut être évaluée à 8 kg.

[La] pression dans la chaudière était de 10 kg, la température de l'eau [illegible] de 184°. Les gaz brûlés avaient dans la boîte à fumée une [température] de 180°.

[illegible] de température des gaz brûlés dans la boîte à fumée n'était [illegible] :

180 — 184 — 146

[illegible] la pratique, depuis cette époque, ces résultats ont été dépassés, [illegible] qu'avec de fortes charges remorquées dans les parties [illegible] de la ligne de Paris à Bordeaux, par nos machines [illegible] dernières, la consommation de combustible par heure et par [mètre] carré de grille *inclinée* a atteint plus de 600 kg. La production de [vapeur] a dû atteindre 800 kg à l'heure.

M. E. Polonceau dit qu'il lui parait utile de signaler que, dans · bouilleur, le plan d'eau a 120 *mm*, les tubulures du bas 90 mm de diamètre et celles du haut 110. Or, on n'a jamais eu de coup de chalumeau

Cette production de vapeur des foyers est facilitée par trois dispositifs, savoir :

1° La grille se compose d'une partie fixe en éventail, ce qui facilite le mouvement du combustible d'une manière rationnelle; d'une partie mobile sur laquelle viennent descendre ou sont poussés les cendres et mâchefers, grille mobile que l'on peut basculer, comme l'on veut et quand on veut, pour avoir toujours un accès d'air facile à travers les barreaux.

Ces barreaux ont :

Grille fixe.	épaisseur 12 *mm* 6 *mm*,	espace libre	AV 15 mm / AR 10 mm
Grille mobile . . .	— 10 *mm*	—	11 mm

2° Toutes les locomotives de la Compagnie d'Orléans sont pourvues d'un cendrier fermé sur trois faces et muni à l'avant d'une porte mobile. L'air entre dans cette espèce de manche, la pression obtenue est plus élevée et, par conséquent, la quantité d'air qui passe à travers la grille se trouve augmentée. Par ces deux dispositifs, l'air arrive facilement en abondance et entre à travers la grille dans le foyer par couches minces refroidissant les barreaux.

Toute installation dans le cendrier, toute augmentation des dimensions des barreaux auraient pour conséquence une diminution de production de vapeur.

3° Toutes les locomotives sont munies, au haut de la cheminée, d'un paravent qui, surtout sur les machines à grande vitesse, active la combustion en facilitant la sortie, par la cheminée, de la vapeur et des gaz de la combustion.

Durée des bouilleurs et leur prix :

En 1887, il a été remplacé 27 bouilleurs.
En 1888, — 23 —
En 1889, — 31 —

On peut dire qu'un bouilleur dure en moyenne quinze années.

Il y a eu un grand nombre de bouilleurs installés dans les quinze dernières années. Un bouilleur en place coûte 1 000 *f* en moyenne; lorsqu'il est réformé, sa valeur (vieille matière) est de 400 à 500 *f*. Il est réparé une fois, cette réparation coûte 200 *f*. Il en résulte donc que la dépense annuelle moyenne du bouilleur est de :

$$\frac{1\,000 + 200 - 450}{15} = 50\ f.$$

Les bouilleurs s'usent dans le bas avec les gros charbons et dans le haut avec les menus.

M. V. Forquenot, alors Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans, toujours dans le but d'augmenter la pro-

... des locomotives, fit des essais sur le réchauffeur de l'eau d'alimen-... n, système Lencauchez, permettant d'alimenter avec de l'eau à ... environ et de réaliser théoriquement une économie de 15 0/0.

Le réchauffage est obtenu par l'emploi de 1/5 à 1/6 du volume de ... vapeur d'échappement qui, après s'être débarrassée des matières ... dans un dégraisseur spécial, arrive dans un réservoir réchauf-... où est envoyée l'eau du tender; l'eau réchauffée est ensuite refoulée ... à la chaudière.

Cet appareil a donné de bons résultats pour les locomotives à mar-chandises, mais, pour les machines à voyageurs, il n'en a pas été de ... c'était une complication et l'emploi de pompes à très grande ... est toujours difficile puisqu'il faut que, dans certains cas, le bat-... de la pompe se fasse en moins de 1/8 de seconde.

Il y a en service à la Compagnie d'Orléans, 17 locomotives à mar-chandises munies de l'appareil Lencauchez, l'économie réelle en pra-tique ne peut évidemment être de 15 0/0, comme la théorie l'indique, ... qu'il est nécessaire d'alimenter souvent en stationnement et dans ... pentes, — il faut aussi tenir compte de la mise en train avec de ... froide; si on admet qu'on alimente 1/3 à l'eau froide et 2/3 à l'eau ... le, l'économie sera de 10 0/0; or, suivant que le machiniste est ... moins habile, on trouve réellement une économie de 5 à 10 0/0.

Tout ce qui a été dit ci-dessus du mémoire de MM. Durant et Len-... concerne l'augmentation de puissance par une augmentation ... vaporisation, tout en restant dans les meilleures conditions écono-... Les auteurs passent ensuite à une meilleure utilisation de la ... ar.

Divers essais ont été faits dans ce but à la Compagnie d'Orléans.

L'un d'eux consistait à faire circuler de la vapeur autour des cylindres ... éviter ou diminuer les condensations.

La vapeur partant de la chaudière passait dans l'enveloppe du cylindre ... à la chaudière, la circulation était activée par une pompe ... ant la vapeur et l'eau et refoulant dans la chaudière.

L'économie réalisée a pu être évaluée à 4 0/0 environ, mais les diffi-... de montage de l'enveloppe, les fuites, les complications diverses ... ont fait renoncer au système : néanmoins, mon intention très for-... est de ne pas abandonner cette idée, car nous sommes convaincus ... enveloppe de vapeur ou d'eau de la chaudière pour les cylindres ... de plus en plus par suite des hautes températures auxquelles la vapeur est maintenant employée.

Des expériences dans ce sens ont été faites vers 1850-52 à la Compa-... d'Orléans par M. C. Polonceau, sur la machine 93; les mêmes dif-... lui firent abandonner ces essais, mais il restait convaincu de ses ... antages.

Il n'y a pas de doute qu'un jour ou l'autre on n'arrive à trouver la ... tion de cette question.

Une perte considérable de chaleur dans les diverses machines et spé-cialement dans les locomotives, par suite de leur mobilité, résulte de ... entraînée qui, lorsqu'elle est un peu considérable, amène le pri-... age.

Eau entraînée. — M. Polonceau dit que M. Couche, son savant professeur, insiste, dans son traité sur le matériel roulant, sur la quantité d'eau entraînée mécaniquement; il signale que, dès 1850, Clarke, en comptant 30 à 40 0/0 d'eau entraînée, exagérait la chose; il indique que les Ingénieurs de l'Est avaient trouvé 24 à 39 0/0.

Ortolan signale que l'emploi des surchauffeurs donne un bénéfice de 20 0/0.

Hirn, dans ses recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, évalue à 20 0/0 de l'eau l'eau entraînée.

Les auteurs du mémoire signalent que si l'on engendre de la vapeur sous la pression de 12 *kg*, la température étant de 191°, et que l'eau du tender soit à 10°, la perte pour 1 *kg* d'eau entraînée est de 181 calories. Si le primage est de 20 0/0, ce qui est un minimum dans bien des cas, la perte par kilogramme d'eau entraînée et projetée est de :

$$181^{cal} \times 0,20 = 36 \text{ calories},$$

et la perte rapportée au calorique total de formation de la vapeur (665), ou perte réelle, si la température extérieure est de 18°, est de :

$$\frac{36}{665 - 18} = 5,5 \, 0/0.$$

On voit donc qu'il est possible de sécher la vapeur au point de ramener la perte à 5,5 — 4 = 1,5 0/0 et de ne plus lui laisser que 5 0/0 d'humidité au lieu de 20 0/0.

Dans le but d'augmenter la puissance des locomotives et de diminuer l'eau entraînée, MM. Durant et Lencauchez signalent l'essai que je viens de faire à une locomotive dont la chaudière était à remplacer. J'ai construit la nouvelle chaudière de manière à pouvoir en porter le timbre à 15 *kg* et un détendeur a été placé entre le régulateur et les cylindres pour que la vapeur n'agisse sur les pistons qu'à une pression de 10 *kg* au maximum.

La vapeur prise dans la chaudière passe du régulateur dans le détendeur et de là, pour aller aux boîtes à tiroirs, elle traverse un petit faisceau tubulaire de 2 m^2 de surface, placé dans l'intérieur de la chaudière — par suite de la différence de 10° environ existant entre les températures de la vapeur à 15 *kg* et de celle à 10 *kg*, il se produit un surchauffage de cette dernière vapeur qui évite environ 1/5 du primage.

Cette disposition a pour effet de faire travailler la locomotive, toujours à la pression maxima de 10 *kg;* cela a l'avantage de réserver un battement de 5 *kg* de pression pour parer aux circonstances fortuites qui se présentent dans la conduite du feu, insuffisances de pression au haut d'une rampe un peu longue ; enfin, en approchant des points terminus, même avant d'arriver, le machiniste peut laisser tomber son feu complètement.

Par ces diverses considérations, nous sommes convaincus qu'on obtiendra ainsi une économie de 5 à 10 0/0 et une augmentation de puissance.

Cette marche avec une chute de pression de 5 *kg* trouverait son application immédiate si l'on avait des cylindres à enveloppe de circulation

... on de vapeur, — on pourrait maintenir aussi les cylindres à une [illegible]pérature notablement supérieure à celle à laquelle ils reçoivent la [illegible]ur, on augmenterait la puissance vaporisatrice des enveloppes; [illegible] diagrammes la chute de pression diminuerait à l'introduction et [illegible]rte de détente se relèverait.

Dans ces conditions, on pourrait aborder les grandes détentes sans [illegible] condensation sur les parois des cylindres.

[illegible] système, si la pratique en grand vient en confirmer les premiers [illegible]tats, aura cet avantage qu'avec une très faible augmentation de [illegible], lors du remplacement de la chaudière, on pourra augmenter [illegible]ssance des locomotives et diminuer la dépense de combustible.

MM. Durant et Lencauchez passent ensuite dans leur mémoire à la [illegible]ption d'une distribution qu'ils m'ont proposé d'essayer et qui a été [illegible]posée, distribution destinée à augmenter la période de détente et de [illegible] régler celle de compression afin que les espaces nuisibles soient [illegible]remplis, au moment de l'avance à l'admission, par de la vapeur à [illegible]ssion de celle de la chaudière.

P[illegible]r les locomotives et spécialement celles à grande vitesse, MM. Du[illegible] Lencauchez trouvent préférable, et je suis complètement de leur [illegible] la distribution par coulisse et ses dérivés avec tiroirs de distribu[illegible]timement liés à son mouvement sans choc au déclic, système qui, [illegible] les conditions actuelles de vitesse, est le seul donnant la sécurité [illegible] que réclament les services publics.

La première application de la distribution de MM. Durant et Lencau[illegible] était dans les conditions ci-après : les phases de l'admission n'étaient [illegible] changées, mais l'échappement se faisait par un tiroir spécial auquel [illegible]uvement était donné par la crosse de piston.

Par cette disposition, on obviait à l'inconvénient des distributions or[illegible]naires par tiroir qui, à la marche au point mort, ont une avance à [illegible]happement atteignant presque 50 0/0 ; dans les premiers essais, cette [illegible] à l'échappement n'était que de 15 0/0, et par suite de la symé[illegible] du mouvement, la compression commençait après 15 0/0 de la course [illegible]grade, on obtenait ainsi pour la marche au point mort 35 0/0 de [illegible] en plus et on limitait à 30 0/0 le temps de l'échappement qui a [illegible]galement pour valeur une course de piston. Il y avait donc 70 0/0 [illegible]emps en moins pour la communication du cylindre avec l'atmo[illegible]re. La pression de la vapeur à la fin de la compression correspondait [illegible]ement à la pression de la chaudière.

Les prévisions étaient donc :

1° *Prolongement de la détente ;*

2° *Diminution du temps de l'échappement et par suite diminution du refroidissement des cylindres ;*

3° *Diminution de la chute de pression à l'admission résultant d'espaces nuisibles mieux remplis.*

A faibles vitesses, tout allait bien, mais avec des vitesses moyennes, [illegible] surtout aux grandes vitesses, *le temps d'échappement* était trop faible, [illegible] contre-pression sensible se manifestait et il en résultait aux fins de [illegible] une pression beaucoup trop élevée qui soulevait les tiroirs et

produisait un travail résistant beaucoup plus grand que celui qui est nécessaire pour amortir les chocs et remplir les espaces nuisibles. Comme ce travail résistant n'était récupéré que pour une faible partie, l'économie due aux autres avantages était rendue nulle par cette grande compression.

Cette disposition a donc dû être abandonnée et MM. Durant et Lencauchez en terminant la description de ces divers essais exposent la nouvelle disposition, en application actuellement, qui consiste à donner le mouvement aux tiroirs d'échappement par un mécanisme dont la commande se fait par un tourillon pris sur le coulisseau prolongé de la coulisse. On comprend en effet que, suivant le point de la coulisse où l'on commande les tiroirs d'échappement, on puisse obtenir les conditions d'échappement et de compression qui y correspondent, on peut donc obtenir celles qui sont préférables à tous les points de vue.

Les avantages que les auteurs trouvent à cette combinaison sont les suivants :

Pour l'admission :

1° *Les tiroirs d'admission ne servant plus pour l'échappement, il est très facile d'admettre par une double introduction directe, et la chute de pression à l'introduction sera notablement diminuée ;*

2° *La vapeur d'admission n'est plus refroidie par le passage de la vapeur d'échappement, il y aura donc de ce fait moins de condensation ;*

3° *L'espace nuisible peut être réduit à 4 0/0, il est habituellement dans les locomotives de 8 à 9 0/0 ;*

4° *La détente est prolongée jusqu'à 80 0/0 au point mort, au lieu de 52 0/0 dans les locomotives ordinaires.*

Au point de vue de l'utilisation du travail de la vapeur, l'espace nuisible diminué, la durée de la compression amoindrie et la prolongation de la détente sont autant d'éléments favorables à la nouvelle distribution.

5° *Les tiroirs d'admission sont en partie équilibrés par leur disposition, ainsi que l'indiquent les dessins qui figurent au tableau.*

Pour une pression de 10 *kg* dans la boite à tiroirs ordinaires, la pression minima par centimètre carré est de 15 *kg* et la pression maxima de 26 *kg*, sur les tiroirs tournants d'admission, ces pressions sont au minimum 8 *kg* et au maximum 17,5 *kg*.

Pour l'échappement :

On peut donner aux lumières d'échappement toute la section nécessaire pour éviter les contre-pressions.

Le 17 courant, un train composé de 16 voitures (160 *t*) a été remorqué par la machine 67 (nouvelle distribution), de Paris à Bretigny (31 *km*), à une vitesse de 55 *km* à l'aller et 70 *km* au retour.

La locomotive était munie de deux indicateurs Watt, système Martin Garnier, des diagrammes ont été pris sur chaque cylindre à des vitesses qui ont varié de 25 à 95 *km*.

Ces diagrammes sont déposés sur le bureau avec des diagrammes d'une machine 75 de la même série, mais munie d'une distribution ordinaire.

Il est facile de se rendre compte, par la vue de ces figures, des avantages de la nouvelle distribution.

La différence la plus saillante entre les deux types de diagramme est dans la forme de la courbe de compression qui renfle notablement la surface des diagrammes correspondant à la nouvelle distribution.

La courbe est plus renflée à l'admission et la contre-pression est diminuée à grande vitesse.

Si on calcule les dépenses de vapeur correspondant au travail produit en déterminant le poids de vapeur présent au cylindre au commencement de l'échappement et en déduisant le poids de vapeur qui remplit l'espace nuisible, on arrive aux résultats suivants :

NUMÉROS DES ESSAIS	NOMBRE DE KILOGRAMMÈTRES PAR GRAMME DE VAPEUR DÉPENSÉE		DIFFÉRENCE	AVANTAGE POUR CENT POUR LA MACHINE 67	VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE
	MACHINE 67	MACHINE 75			
I	37,2	32,10	5,10	15,8	50
II	39,2	31,6	7,6	24,0	70
III	37,8	34,4	3,4	10,0 (*)	80
IV	42,5	33,8	8,7	25,6	40
		Moyenne		18 9	

Plusieurs conditions ayant une influence sur la dépense de vapeur ne ressortent pas de l'analyse des diagrammes, *l'eau entraînée* par exemple, mais il n'y a pas de raison pour qu'elle soit différente dans des conditions identiques de production de vapeur.

L'espace nuisible est réduit de moitié, 4, 5 0 0 au lieu de 8 à 9 0 0, une plus grande quantité de vapeur sera utilisée comme pleine pression sur la machine 67.

La diminution de la compression donnera lieu à moins de travail résistant, comme frottement des organes du mécanisme.

Malgré le plus grand nombre des tiroirs et des articulations, le travail total de frottement est moins considérable que celui des tiroirs ordinaires.

Ainsi la pression totale sur chaque tiroir tournant d'admission est environ :

Minima . . 1 660 *kg*
Maxima. . . 4 180 »

3 840 » moyenne 2 920 *kg*; la pression totale sur chaque tiroir tournant d'échappement est en moyenne. . . . 553 *kg*

(*) Malgré la pression plus faible à l'admission.

La pression moyenne pour les quatre tiroirs de la machine 67 est donc :

$$2 \times 2\,920\ kg + 2 \times 553\ kg = 6\,946\ kg,$$

Pour la locomotive 75 à tiroirs ordinaires la pression minima est de . . . . 6 905 *kg*

La pression maxima est de . . . 9 010 *kg*

15 915 *kg* moyenne 7 957,5 *kg*.

Le coefficient de frottement étant supposé de 0,10, *le travail résistant* qui résulte est par tour de roues, pour les deux cylindres :

Pour la machine 75 à tiroirs ordinaires, 210 *kgm*.

Pour la machine 67 à tiroirs tournants, 180 *kgm*.

M. Polonceau tient à signaler un essai qu'il a fait de l'économie vapeur de M. Mercey, Ingénieur chef de Traction à la Compagnie d'Orléans.

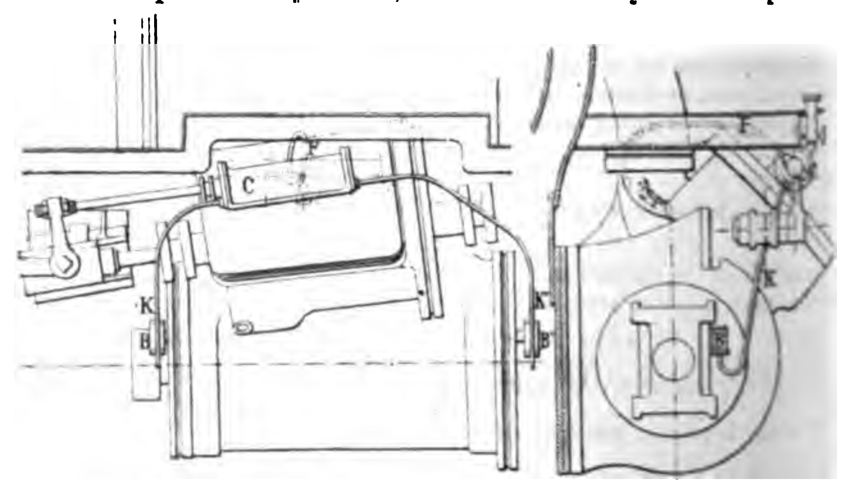
Le but a été :

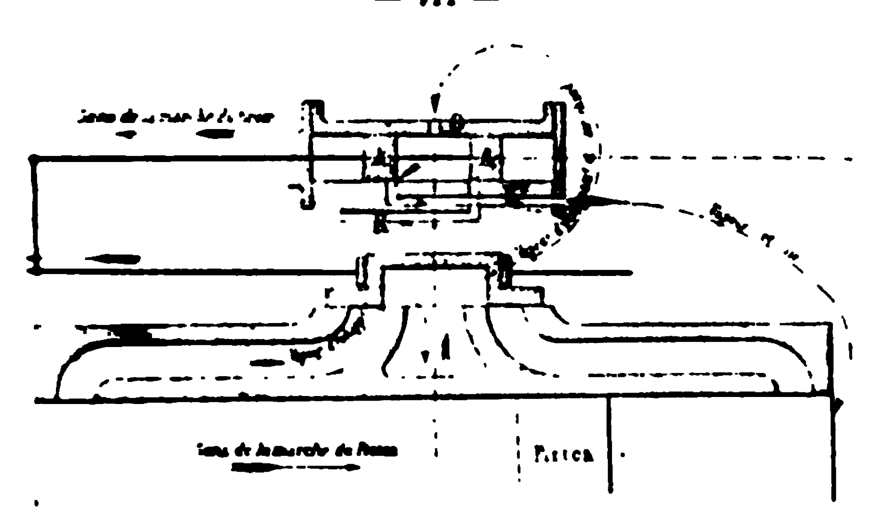
1° D'éviter les condensations de la vapeur vive qui se produisait pendant les périodes d'admission et de détente par une rentrée d'air chaud qui, aspiré par le vide partiel produit entre deux coups d'échappement consécutif, pénètre dans le cylindre au moment où la période de compression commence, c'est-à-dire, dans la capacité du cylindre ou la vapeur d'échappement restante est descendue à la pression atmosphérique :

2° D'utiliser une partie de la vapeur d'échappement qui s'introduit en vertu de sa pression et de sa vitesse dans le cylindre en même temps que l'air chaud, au moment même où la période de compression commence dans le but de lubrifier le cylindre et de remplir par compressions d'air chaud et de vapeur d'échappement réunies une partie des espaces nuisibles.

Cette rentrée n'a lieu que pendant une partie de la période de compression.

L'installation qui est très simple a été appliquée à la machine 330, elle est en service depuis trop peu de temps pour que l'on puisse donner des résultats précis, mais, en tout cas, ils ne sont pas mauvais, puisque cette machine dépense en moyenne 5 0/0 en moins de la moyenne du dépôt.





En terminant leur travail, MM. Durant et Lencauchez font remarquer que si les locomotives d'Orléans dépensent 12.414 kg de vapeur sèche par force de cheval et par heure, les machines fixes bien soignées d'Amérique système Armington sans enveloppe et sans condensation dépensent . . . . 12.250 kg
et les machines Corliss (type du Creusot) sans condensation [illegible] réchauffeur . . . . 9.686 kg
Ils signalent que l'infériorité de la locomotive sur la machine Corliss est due à ce que pour les grandes détentes, la vapeur s'échappe à 65, 60, 55, et 50 0/0 de la longueur de la course du piston.

Nous croyons qu'étant données les conditions spéciales toutes défavorables où se trouve en service la locomotive, c'est un résultat admirable d'être arrivé à une consommation si peu élevée par rapport aux machines fixes établies dans les conditions les plus avantageuses, préservées en partie des condensations avec des chaudières fixes et non constamment soumises aux trépidations de la route.

Mais, si la locomotive dépense environ 2,500 kg de vapeur sèche de plus par heure et par force de cheval que la Corliss, soit 25 0/0, je suis d'avis, comme les auteurs, qu'il n'est pas impossible d'arriver à augmenter le rendement de ces machines par les divers procédés que nous avons énumérés ou par d'autres, bien entendu, mais je crois que l'on peut dire que les locomotives ont actuellement un rendement très satisfaisant, si l'on tient compte des conditions de service dans lesquelles elles sont et que ce qui rend difficile actuellement le progrès, c'est précisément que leur rendement approche de celui des machines fixes les plus récentes.

M. le Président s'associe aux applaudissements qui viennent d'accueillir la communication si claire et si nette faite par notre excellent Vice-Président et le remercie, au nom de la Société, des nombreux documents qu'il a bien voulu faire mettre à la disposition de nos collègues [illegible] expériences intéressantes dont il nous a rendu compte.

La question traitée est trop importante pour ne pas provoquer une discussion à laquelle seront priés de bien vouloir assister les Ingénieurs des autres Compagnies; elle aura lieu dès que le Bulletin aura publié cette intéressante et utile communication.

M. Polonceau. — Mon but a été de vous montrer ce que nous avons fait, pour que chacun apporte ses idées et dirige ses recherches sur d'autres moyens d'améliorer les machines locomotives.

Le mémoire de MM. Durant et Lencauchez n'est pas encore publié; je crois que, pour la discussion, il serait préférable que le Mémoire fût publié, parce que ceci n'est qu'un exposé résumé et sommaire, et je crois que cela nous entraînerait dans une discussion qui n'aurait pas toute l'étendue qu'elle pourrait avoir. Je crois qu'il vaudrait mieux attendre.

La séance est levée à dix heures et demie.

ANALYSE DE L'OUVRAGE DE M. GIBON

LES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET L'INDUSTRIE

PAR

M. Georges SALOMON

Au milieu des débats contradictoires auxquels la question des accidents du travail donne lieu devant le Parlement et dans le public, notre savant collègue, M. Gibon, ancien directeur des Forges de Commentry, a eu l'heureuse pensée de signaler les vues de l'industrie, de faire entendre ses desiderata sur cette grave question, dans une étude intitulée : *Les Accidents du travail et l'industrie*.

Nul n'était plus autorisé à le faire : au cours de sa longue carrière, il a su remplir, avec une perfection rare, le plus beau rôle qui nous semble dévolu à l'ingénieur, celui de pacificateur, d'intermédiaire amiable entre le patron et l'ouvrier. Il a organisé et fait prospérer aux Forges de Commentry une Société coopérative de consommation; il y a fait appliquer, dès 1863, un règlement général pour prévenir les accidents, et ce règlement ainsi que les statuts de la coopérative sont d'excellents modèles.

Son livre sur les accidents du travail est facile à résumer, grâce à l'ordre et à la clarté qui le caractérisent. Avant de critiquer l'œuvre du législateur, de présenter une solution, il résume la législation étrangère, il montre les mesures adoptées pour prévenir les accidents industriels, il signale la statistique des accidents à l'étranger et en France, le classement des risques dans les diverses industries, leurs chances variables, puis il énumère les ins-

titutions de secours et de prévoyance qui ont spontanément germé dans l'industrie française.

Non content de ce vaste ensemble de données sur lequel il pouvait déjà étayer solidement ses arguments, il a suscité et conduit une enquête du comité central des Houillères de France, dont il consigne les résultats.

Ces matériaux et le plan général esquissé à l'avant-propos font connaître la pensée de l'auteur, prévoir ses conclusions. Ils montrent un économiste fortement imbu des idées libérales qui subit, plutôt qu'il accepte, la loi nouvelle établissant comme un nouveau droit le risque professionnel et qui, pour la rendre viable, cherche à en élaguer les dispositions vexatoires, à lui assimiler les mesures qui ont réussi sans contrainte dans la grande industrie.

« Les chefs d'industrie, dit M. Gibon, ont certainement le devoir de protéger l'ouvrier contre les périls inhérents au travail auquel on l'emploie, mais malgré les mesures préventives les mieux étudiées, malgré les règlements les plus précis, les instructions les plus formelles, il se produit souvent des accidents dont la cause reste inexplicable, mystérieuse; l'opinion publique réclame une arme pour se défendre, pour réparer le dommage, le malheur, autant qu'il peut être possible de le faire.

» On ne se demande pas si, en fait, les houillères sont plus fatales que les carrières, si les chemins de fer font plus de victimes que les voitures publiques, que l'usage du cheval. On ne se demande rien, mais on veut un remède, on veut surtout une responsabilité, et c'est ainsi qu'on a créé le risque professionnel; on ne doit plus le discuter, il faut le comprendre, l'admettre, le subir. La magistrature, elle-même, malgré les lois existantes, rend des jugements qui témoignent qu'elle subit l'action de l'impression, de la pression publique... Mais, une loi est un acte de haute gravité, cet acte ne doit pas répondre à une impression; les faits qui la déterminent doivent être étudiés avec prudence et persévérance, le législateur doit s'appuyer beaucoup sur les us et coutumes consacrés par la pratique. La solution présente des difficultés capitales, au point de vue juridique comme au point de vue économique; nous sommes convaincu qu'il y a quelque chose à faire, mais ce quelque chose ne nous paraît pas être, au moins pour notre pays, le Monument gigantesque édifié par l'Homme puissant qui gouverne l'Empire d'Allemagne. »

Ce monument, M. Gibon en montre les parties qui l'intéressent,

critique plutôt qu'en cicerone : il ne donne pas une sèche traduction de la législation allemande sur les accidents, il commente. La loi allemande rend l'industriel responsable de tous les accidents qui se produisent dans son exploitation, quelle qu'en soit la cause et quelle que puisse être la faute de l'ouvrier qui en est la victime. Un jury spécial fixe les indemnités dont la loi a déterminé le maximum. L'assurance obligatoire est l'instrument qui les distribue ; des tribunaux spéciaux règlent tous les différends.

Ainsi que l'établit M. Gibon, ce socialisme d'Etat, franchement pratiqué, n'a nullement enrayé la marche du socialisme révolutionnaire. La loi ne satisfait personne : ni l'ouvrier qui trouve les pensions médiocres, regrette le règlement de ses difficultés par les tribunaux et souvent aussi la pratique des œuvres patronales, ni les patrons de la petite industrie écrasés sous des charges nouvelles, ni ceux de la grande et de la moyenne industrie qui, quoique dégagés pour l'instant de toute responsabilité civile, ne voient pas sans inquiétude les charges financières que leur ménage l'avenir.

« Ce qu'on doit blâmer le plus dans cette loi, observe M. Gibon, c'est qu'elle désintéresse le patron des conséquences des accidents qui peuvent se produire dans son usine... »

Jamais, en France, on n'admettra qu'un patron dise froidement : « Ce malheur ne me regarde pas, j'ai payé ma prime d'assurance, je ne connais pas de victime. »

De même, on ne saurait non plus souffrir en France « les pratiques de caserne », « les procédés d'inquisition » du socialisme d'Etat avec lequel l'Allemagne triomphante est si triomphalement dotée !

Il ne semble pas non plus, à juger par les grèves qui secouent, en ce moment, l'industrie autrichienne, que l'Autriche supporte aisément le système de l'assurance obligatoire pour les maladies et les accidents.

La Suisse n'a pas encore imité l'Allemagne.

La loi y fixe le maximum des indemnités et les établit suivant une échelle variable : l'indemnité est faible si l'accident est le résultat de la faute lourde de la victime, plus élevée si elle est la conséquence du risque professionnel, plus marquée encore s'il y a faute lourde du patron.

Après avoir reconnu le bon sens et la justice de cette législation, M. Gibon profite d'un court exposé de la situation en Belgique et

en Angleterre pour proclamer les vertus de l'initiative privée, les bienfaits de la liberté et anathématiser l'assurance obligatoire qu'il appelle un oreiller de paresse.

Ce premier chapitre est comme l'âme du livre, il donne l'esprit de la législation acceptée par l'auteur; les chapitres suivants en fourniront les termes.

Conformément à la thèse que nous avons soutenue ici même, il y aura tantôt huit années (1), le chapitre sur les mesures préventives contre les accidents établit que « c'est surtout sur l'action de l'initiative privée qu'il faut compter pour arriver à réduire les accidents d'une manière continue ». M. Gibon n'a cependant pas poussé aussi loin que nous le respect de la liberté individuelle.

A défaut d'un service d'inspection libre, il demande le contrôle de l'Etat, par nous formellement récusé : pour inciter le patron à adopter scrupuleusement les mesures préventives, il suffit, à notre avis, de le frapper lourdement pour tout accident que l'emploi de ces mesures eût permis d'éviter.

Nous ne nous sommes pas occupé, alors, de la loi de justice à intervenir en faveur des victimes d'accidents que la science est encore impuissante à conjurer. Nous n'aurions pas manqué de reconnaître, avec notre auteur, qu'elle pourrait dire, comme sanction des mœurs qui font l'honneur de notre grande industrie, *« que tout accident produit par une cause inhérente à un travail qualifié dangereux, et dont l'ouvrier n'est pas le maître, constitue au premier chef le risque professionnel et que l'industriel doit une compensation à la victime ou à ses ayants droit. »*

Il s'agit, maintenant, de déterminer les charges qu'entraînent les accidents de l'industrie, les conditions de l'assurance. La statistique, seule, permettrait de mener cette tâche à bien et, précisément, une statistique complète des accidents industriels n'existe pas. Aussi, après une étude minutieuse, une interprétation savante d'importants documents statistiques, M. Gibon se voit contraint de déclarer, « la difficulté, » il aurait pu dire l'impossibilité, « dans laquelle on se trouve pour fixer sûrement les risques. » Ne pouvant fixer les risques, on ne peut prévoir les capitaux nécessaires au service des pensions et indemnités, auxquelles une caisse d'assurance de l'État ou des sociétés d'assurance privées auraient à pourvoir pour couvrir la responsabilité des industriels ; on bâtit sur le sable, on substitue des difficultés judiciaires à d'autres.

(1) *Communication « sur la Liberté des mesures contre les accidents industriels ».* (Séance de la Société des Ingénieurs civils du 16 juin 1882).

...e est bien de repousser l'assurance obligatoire, de récuser l'État assureur, d'être confiant dans la toute-puissance de la liberté.

« Au point où en sont les choses, sans doute il faut une loi, dit M. Gibon, mais que son application soit sévèrement limitée aux industries dangereuses, au véritable risque professionnel, qui est conséquent des événements dont personne n'est le maître, et que l'exécution soit, autant que possible, laissée dans les mains de l'industriel, par le maintien et l'extension des caisses de secours et par la liberté de remplir comme il l'entendra les charges qui seront imposées par la loi. »

Pour bien établir que l'industrie est digne de cette liberté, M. Gibon a fait ouvrir l'enquête du Comité central des Houillères de France (1884-1888).

Cette enquête, qui a porté sur 17 Compagnies houillères, occupant ensemble 31 349 ouvriers et employés, a procuré sur l'organisation des secours en cas d'accidents dans les houillères certains renseignements qui faisaient complètement défaut. Ainsi, elle a montré que la proportion des pensions résultant de jugements est beaucoup plus faible qu'auraient pu le faire croire l'accroissement du nombre des procès pendant ces dernières années et le surcroît de sévérité des tribunaux envers les exploitants (environ 7 0/0 du chiffre moyen des pensions et indemnités). Elle n'a cependant pas permis à son auteur de classer les accidents, selon qu'ils provenaient de la faute lourde du patron ou de l'ouvrier ou du risque professionnel : « Presque tout a été mis sur le dos anonyme de ce nouveau droit; c'est ce qui est le plus commode et c'est aussi ce qui, dans l'ordre des choses qui se pratique encore aujourd'hui, paraît le plus naturel. »

D'autre part, il résulte des calculs auxquels M. Gibon s'est livré d'après les tarifs de nos grandes Compagnies d'assurance, en vue d'établir le capital en réserve, absolument nécessaire pour assurer la garantie des pensions servies spontanément par les 17 houillères examinées, que la charge annuelle par établissement et par ouvrier occupé varie entre un minimum de 12,75 *f* et un maximum de 414,50 *f*, avec moyenne de 124 *f*.

Dès lors, comment fixera-t-on dans la loi une moyenne équitable? « La loi, ainsi que le dit M. Gibon, donnera l'uniformité; les exploitations les mieux dirigées, celles qui sont exemptes de grisou, qui sont favorisées par la solidité du terrain, paieront pour celles qui ne sont pas dans ces conditions... On peut se demander

comment on ferait une loi répondant avec justice à tous les intérêts. « *Je crois pouvoir dire que ce n'est pas possible.* »

Sur ce jugement, M. Gibon relate, d'une façon succincte, d'après les plus récentes données, les résultats que donnent les caisses de secours dans les houillères, les caisses de secours mutuels et, enfin, avec les institutions patronales, les caisses de secours dans les industries diverses. Il établit ainsi, mieux que par de longs panégyriques, que la loi peut et doit s'appuyer sur ces institutions qui constituent un lien social des plus puissants, aider même à leur développement « en donnant à l'industrie le simple privilège de soigner elle-même ses blessés aux conditions qu'elle fixera et pendant tout le traitement, jusqu'au moment où la guérison sera complète ou jusqu'au moment où sera définie l'incapacité permanente de travail partielle ou absolue. »

Arrivé à cette partie de son livre, l'auteur déclare qu'il pourrait s'arrêter, que ses lecteurs connaissent son opinion sur les points les plus intéressants de la loi. Néanmoins, il a bien voulu, et le lecteur lui en sera reconnaissant, signaler dans un dernier chapitre les diverses propositions présentées à la Chambre et scruter article par article le projet de loi adopté par la Chambre et revisé par le Sénat. C'est, en effet, le meilleur mode de conclusion, le résumé par excellence de son étude. Il y repousse de toutes ses forces l'article premier du projet de la Chambre, qui déclare le chef d'industrie toujours responsable, sauf quand l'accident est le fait d'un crime : il accepte, sous réserve de les appliquer, au début, aux industries les plus dangereuses les dispositions de cet article modifié par le Sénat le 1er avril dernier. « Le Sénat, dit-il, a jugé comme nous ce malheureux article et l'a complètement transformé; il a voulu que la responsabilité de l'industriel ne fût engagée que dans une industrie où le travail sera reconnu *dangereux et pour les accidents résultant du fait du travail ou à l'occasion du travail;* il a voulu que la faute lourde fût à la charge de son auteur. » M. Gibon approuve encore le Sénat de n'avoir pas fixé le minimum de la pension, d'avoir pris le salaire pour base de l'indemnité, d'avoir proclamé la liberté des caisses d'assurance.

Par contre, il voit dans l'extrême difficulté que présente la fixation du chiffre des pensions et indemnités une cause incessante de procès.

Enfin, il termine en demandant, à nouveau, que les caisses de secours et mutuelles reliées à la loi soient chargées du traitement, que la loi suscite la création d'associations pour prévenir les acci-

...s et assurer l'hygiène des ateliers, qui fonctionneraient à la ..., des associations privées des propriétaires de chaudières à ...ir

Voyant le péril de tous côtés, il redoute un excès de hâte chez ...islateur : « Soyez prudent, lui dit-il sans cesse, la matière ... grave et délicate. Pour la résoudre, ne prenez d'autres guides ... science, la justice, la morale et la liberté. » Puissent ses ... avis être entendus !

DE LA PRODUCTION ET L'EMPLOI DE LA VAPEUR

considérée comme force motrice

PRINCIPALEMENT DANS LES LOCOMOTIVES

PAR

MM. A. LENCAUCHEZ et L. DURANT

La production et l'emploi de la vapeur sont encore l'objet de nombreuses discussions, ce qui prouve que les essais faits jusqu'à présent, pour en déterminer les conditions économiques, n'ont pas encore réussi à résoudre ce problème, d'ailleurs très complexe. Notre but est de mettre en évidence un certain nombre d'observations, que, depuis plus de vingt ans, nous avons eu l'occasion de faire sur la production et sur l'emploi de la vapeur, principalement depuis 1882 jusqu'à ce jour, d'abord, avec la haute collaboration de M. Forquenot, puis de son successeur, M. Ernest Polonceau, vice-président de la Société des Ingénieurs civils, ingénieur en chef du matériel et de la traction, au Chemin de fer d'Orléans. Nous devons à la vérité de déclarer tout d'abord que c'est grâce à cette collaboration éclairée et toujours à la recherche du progrès que nous avons pu arriver aux résultats ci-après, qui, jusqu'ici, n'ont pas été publiés. Ce travail constitue ainsi un ensemble des recherches, essais et observations faits à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, durant ces dernières années, sur les locomotives.

Dans le Mémoire, nous exposerons nos études et les résultats obtenus et, dans une seconde partie lui faisant suite, nous donnerons les dessins des appareils avec leurs descriptions.

CHAPITRE PREMIER

§ 1. — Foyer et combustion.

Jusqu'ici cette partie essentielle de la production de la vapeur, c'est-à-dire de la puissance génératrice, semble avoir été la moins ... ; on s'est surtout occupé de la fumivorité, et on doit reconnaître que l'on s'est souvent éloigné de la solution rationnelle et ..., pouvant donner la combustion complète sans fumée ... La fumée noire ne doit pas se former dans un bon foyer et ... doit pas oublier que, une fois formée, elle ne disparaît plus. La fumée noire et incommode, dite neige de Londres, ne renferme à peine que 10 0/0 du carbone des houilles fumeuses. Cela ... à certains industriels : « Ce n'est rien ; si nous incommodons le voisinage, par compensation ne lui donnons-nous pas ... ? Peut-on nous imposer des dépenses et frais d'établissements ruineux, pour utiliser à peine 10 0/0 de matières combustibles, alors que nous en perdons 3, 4, 5 et 6 par les escarbilles ... cendres, sous prétexte que nos voisins peuvent voir tomber quelques rares flocons de neige noire, quand le vent souffle de ... côté ? »

De même, pour les chemins de fer, on entendait dire : « Peu importe la fumée ; il y a des glaces, que les voyageurs les ferment. Si les tentures et draps des voitures de première classe ... à souffrir de la fumée, ceci n'intéresse que les Compagnies ... les voyageurs n'ont rien à y voir (1). »

Cette manière de voir superficielle est des plus trompeuses, car ... on peut considérer cette fumée comme peu importante par ... même, il y aurait une très grande erreur de ne pas se préoccuper des conséquences peu économiques qui en résultent. En ... t, elle est l'indice d'une mauvaise et incomplète combustion, ... montre à l'observateur réfléchi qu'une notable quantité d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'hydrogène carboné et de vapeur ... goudron ont échappé à la combustion ; cette perte, par défaut ... combustion, est au minimum de 10 0/0 et souvent elle dépasse

(1) Dans certains pays, on a eu, d'ailleurs, pour un temps, des châssis mobiles à toile ..., qui permettaient la circulation de l'air en s'opposant à l'introduction du noir ... fumée dans les compartiments. Cette disposition est encore, il est vrai, appliquée en ... par quelques Compagnies, mais elle a surtout pour objet d'empêcher la poussière de [illegible] dans les compartiments.

30 0/0, ainsi que de nombreuses observations, faites dans ces derniers temps en Allemagne et en Angleterre, l'ont démontré. (Voir la *Revue industrielle* du 17 août 1889.)

Dès 1864, d'après nos propres expériences, une petite locomotive de 12 *t* et de 27 *m*² de surface de chauffe, transformée en machine fixe, à Montmorency, ne produisait pas plus de 2 *kg* de vapeur par 1 *kg* de houille de première qualité à 8 000 calories, ou de coke à 7 000 calories, et de leur mélange. Dans ce cas, la perte pratique était de 75 0/0, puisque ces bons combustibles, brûlés convenablement, auraient donné 8 et 8 1/2 *kg* de vapeur sèche utile.

Dans certaines locomotives à petits foyers, on constate souvent le feu dans la boite à fumée (1) et les gaz imparfaitement brûlés y arrivent à une température voisine à 450°. Or, pour brûler un mélange $C\,O^2$ et $C\,O$ à cette température, il faut que les proportions soient, suivant la formule ci-dessous :

$$C\,O + C\,O^2 + O = 2\,C\,O^2.$$

Il faut donc en conclure que, dans ce cas, il y a au moins la moitié des gaz combustibles qui ont échappé à la combustion dans la boite à feu. Tout le monde sait bien, d'ailleurs, qu'il n'y a pas de combustion possible dans les tubes vaporisateurs, où la vitesse d'écoulement des gaz varie entre 70 et 30 *m* par seconde ; pour que la combustion du foyer pût se continuer dans les faisceaux tubulaires, la vitesse ne devrait pas dépasser 4 à 5 *m* par seconde et encore dans des gros tubes ou canaux de 0,400 *m* de diamètre *(ou de hauteur et de largeur)* dans lesquels le refroidissement ne serait pas assez rapide pour faire tomber les gaz en combustion au-dessous de la température où celle-ci se produit.

Lorsque les Ingénieurs des chemins de fer arrivèrent à remplacer le coke par la houille dans les locomotives, vers 1856, ils remarquèrent que la combustion y était beaucoup moins parfaite qu'ils ne pensaient *(car, avec le coke, une très mauvaise combustion ne peut donner de fumée)*, alors on fit des essais de foyers et de grilles Chobrzynski, Ten Brinck, Belpaire et Fairbairn. La grille Chobrzynski était à gradins, comme nos gazogènes d'aujourd'hui ; elle permettait de brûler des menus et fines ; mais, avec les anciens types, elle manquait de surface. Le foyer Ten Brinck a été un grand progrès, car c'est un véritable gazogène avec chambre

(1) **Pour combattre ce feu, certains Ingénieurs ont fait monter un petit Giffard spécial ou ont dérivé une petite quantité d'eau, de l'injecteur principal, pour la refouler dans la boite à fumée où une pomme d'arrosoir la pulvérise en pluie fine qui éteint le feu.**

combustion : sous la grille passe l'air primaire, et au-dessus celle-ci et de la charge de combustible, arrive l'air secondaire brûle les gaz combustibles ; l'insufflation de cet air secondaire [illegible] entre la chambre de production des gaz et la chambre de [illegible]bustion. Cet air produit un brassage très énergique, à la température de combustion des gaz et de l'air qui les brûle ; c'est à [illegible] de mélange intime que le tout pénètre dans la chambre de [illegible]bustion où celle-ci se produit instantanément, et les gaz sont [illegible]plètement brûlés quand ils entrent dans les tubes. La cloison [illegible]rative fait bien office de bouilleur ; elle facilite à l'eau son [illegible]sage de l'avant à l'arrière et sur les faces latérales du foyer, [illegible] même temps qu'elle fait écran protecteur pour la plaque tubu[illegible]. Les résultats obtenus par la disposition Ten Brinck sont : 1° [illegible] combustion complète ; 2° une meilleure circulation de l'eau [illegible]tour du foyer ; 3° une plus grande consommation de combus[illegible] par unité de surface de grille, puisque seulement la moitié [illegible]'air a besoin de traverser celle-ci, l'autre moitié passant par [illegible] valve *dite la fumivore* ; 4° une plus grande durée de la plaque [illegible]ulaire du foyer et des tubes qui se trouvent, du fait de la cloi[illegible], à l'abri du rayonnement du combustible incandescent et des [illegible]ps de feu produits par les jets de chalumeau. Tous ces avan[illegible] concourent au rendement économique des locomotives, tant [illegible] point de vue de la dépense de combustible et de la puissance [illegible] celui de l'entretien et des réparations. Ce sont MM. les Ingé[illegible]rs de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans qui ont rendu [illegible]tique le foyer gazogène pour locomotive, et voici les résultats [illegible] ce foyer a permis de réaliser :

Dans les essais faits en 1885 (*fin août et septembre*), entre Or[illegible]ans et Tours, avec la locomotive n° 394, du poids de 45 *t* et [illegible] surface de chauffe de 149,24 m^2, on a obtenu :

1° Une consommation de briquettes par heure moyenne de. 800 *kg*
2° Une production de vapeur brute par heure moyenne de. 7 200 *kg*
3° Une production de vapeur par kilo de briquettes de. . 9 *kg*

Cette production de vapeur comprend, d'ailleurs, l'eau entraînée ; [illegible] vapeur sèche peut être évaluée à 8 *kg* par kilogramme de bri[illegible]quettes ; les gaz brûlés (*fumée*) étaient dans la boîte à fumée à une [illegible]mpérature voisine de la fusion du plomb, soit à 330° ; la pres[illegible]on dans la chaudière était de 10 *kg*, et la température de l'eau [illegible]ans celle-ci était à 184° : l'excès de la température de la fumée [illegible] celle de l'eau était donc de 330° — 184° = 146°.

Avec une chaudière fixe tubulaire, à foyer intérieur, disposée

en véritable calorimètre de 36 m^2 de surface totale de chauffe, ayant à la suite un sécheur de vapeur de 14 m^2, formant un tout de 50 m^2 (fig. 1), on a obtenu, par kilogramme de briquettes, 8,650 *kg* de vapeur sèche surchauffée seulement entre + 1 et 3 degrés au-dessus de la température de saturation, à la pression de 5 *kg;* l'eau d'alimentation était prise à + 20 degrés, les briquettes étant les mêmes que dans les essais de la Compagnie d'Orléans, et la température de la fumée à la base de la cheminée était à 180 degrés; mais la production n'était que de 13 *kg* par mètre carré et par heure.

Cette expérience corrobore les excellents résultats obtenus sur la locomotive n° 394.

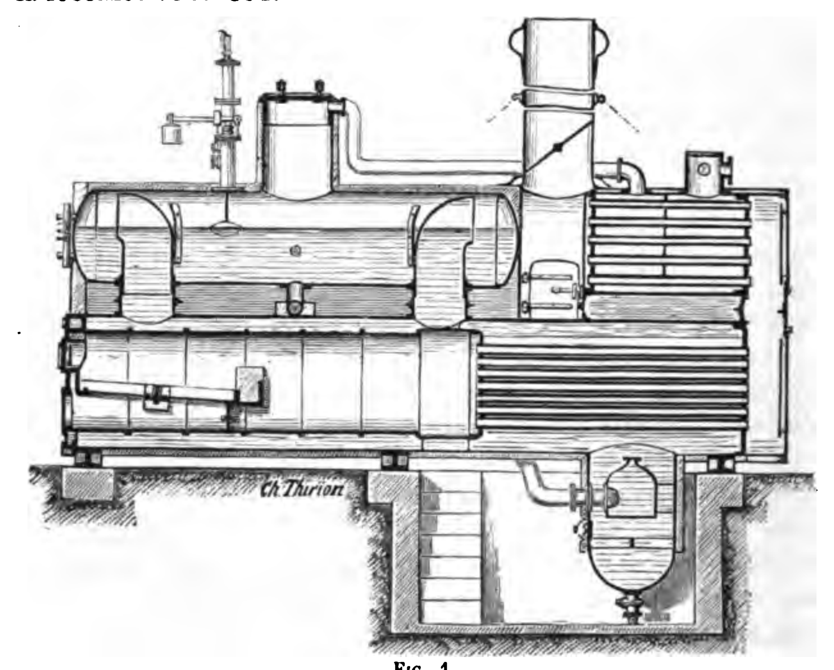


Fig. 1.

Voici les dimensions principales de la chaudière de cette locomotive :

1° Surface de grille	1,67 m^2
2° Surface totale de chauffe.	149,24 m^2
3° Timbre.	10 *kg*

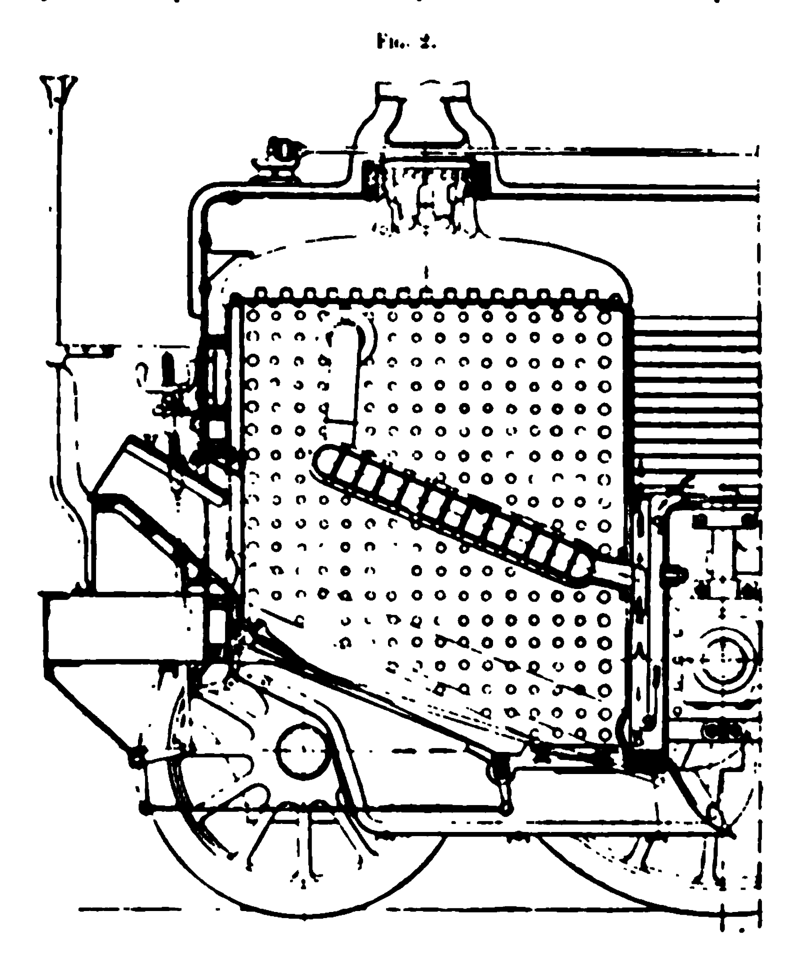
Cela donne :

a Une consommation de briquettes par heure et par mètre carré de grille de. . . . . . $\frac{800\ kg}{1{,}67\ m^2} = 473\ kg$

5 Une production par mètre carré moyen et par heure de . . . . $\frac{7\,200\ kg}{149,24\ m^2}$: 48 *kg*

Cette production de 48 *kg* n'est pas très grande pour une chaudière de locomotive; mais, ici, il faut remarquer que les tubes vaporisateurs de la chaudière ont 5 *m* de longueur et, comme sur cette longueur totale, le 1/4 ou 1,250 *m* ne produit que 50 0/0 environ de la production totale, il s'ensuit que si les tubes étaient réduits à 3,750 *m* ou 3,500 *m*, ainsi que ceux d'un grand nombre de locomotives, la production moyenne et par heure serait de [illegible] *kg* environ par mètre carré moyen. Disons, d'ailleurs, que c'est

Fig. 2.



N. B. — Les entretoises de la chaudière d'avant ont été omises à dessein, pour mieux faire voir le guide-eau guide-courant.

grâce à leurs tubes longs et à leur grande capacité que les locomotives de ce type peuvent produire beaucoup et économiquement. Dans ces essais prolongés entre Orléans et Tours *(Observations faites entre les Aubrais et Saint-Pierre-des-Corps)*, la distance était de 114 *km*, la rampe de 3,5 *mm*, avec maxima de 5 *mm*, la charge des trains d'expériences de 240 *t* en 21 véhicules. La durée du parcours a été de 98 minutes, moins 2 minutes d'arrêt à Blois, et la vitesse moyenne à l'heure de $\frac{114 \times 60'}{96'} = 71$ à 72 *km*.

Nous ne croyons pas que jusqu'ici on ait obtenu une production aussi considérable avec des locomotives n'ayant que 1,67 m^2 de surface de grille.

Pour faciliter encore la circulation de l'eau autour du foyer et la rendre plus active, nous avons proposé la disposition indiquée sur le croquis ci-dessus (fig. 2). C'est un guide-eau gg', qui doit favoriser le passage de l'eau au-dessus de la grille en B, dans les cloisons faisant boîte à feu ; mais cette disposition ne peut être appliquée aux machines existantes. Elle n'a pas été jusqu'à présent expérimentée.

On remarquera qu'en général les locomotives de la Compagnie d'Orléans donnent, chaque fois que le besoin s'en fait sentir, cette production de 7 200 *kg* de vapeur par heure, d'une façon très soutenue, sans chute de pression, avec la combustion complète et sans trace de fumée noire, même avec les houilles et briquettes de l'Aveyron à 34 et 38 0/0 de matières volatiles, en consommant 470 à 475 *kg* de houille par heure et par mètre carré de surface de grille.

§ 2. — Cendrier fermé avec clapet faisant manche à vent.

A la Compagnie d'Orléans, toutes les locomotives sont à cendrier fermé ; en disposant l'introduction de l'air avec des formes évasées et en donnant au clapet-registre d'admission d'air C *(Voir le croquis qui précède, Fig. 2)* la forme d'une développante de cercle, on favorise l'introduction de l'air dans la capacité ou caisse faisant cendrier; à la vitesse de 80 *km*, la pression du vent dans la caisse-cendrier est en moyenne de 0,050 *m* d'eau, l'échappement variable étant ouvert en grand. Or la pression dans les cendriers ordinaires clos et étanches est de 0,040 à 0,045 au maximum, dans les mêmes conditions de marche. On voit donc que, dans ce cas, la marche fait soufflerie.

Ainsi que le représente la figure 2, un mécanisme V permet de donner à l'entrée du vent les sections requises à tous les moments de la marche, sous la grille, et dispense de serrer l'échappement aussi fort que dans les machines ordinaires ; du reste, il ne passe à l'état d'air primaire, à travers la grille, que de 80 à 50 0/0, en moyenne 65 0/0, de l'air nécessaire à la combustion complète, de sorte que les locomotives munies du foyer Ten Brinck avec 1,67 m² brûlent le combustible complètement et produisent autant que certaines locomotives à foyer ordinaire ayant plus de 2 m² de surface de grille, dont l'extrême longueur ou profondeur entrave l'égale répartition du combustible en couche d'épaisseur uniforme.

§ 3. — Supériorité des foyers gazogènes.

Il faut remarquer que les foyers gazogènes de la Compagnie d'Orléans permettent l'emploi des fines et des menus beaucoup mieux que les autres foyers de locomotives. En effet, dans les grands foyers, on est obligé de ne brûler que des houilles dites 1/3 et 1/4 gras, soit entre 12 et 15 0/0 matières volatiles, les houilles plus maigres passent à travers la grille et sont enlevées par le tirage, les houilles plus grasses donnent des flots de fumée fort incommodes et brûlent très incomplètement ; de là, un mauvais rendement ; avec les houilles réputées les meilleures pour les grandes et longues grilles, il y a toujours une grande perte par tamisage et par entraînement par la cheminée, en même temps qu'un travail pénible et continuel de la part des chauffeurs qui ne peuvent charger que de très petites quantités à la fois pour en garnir leurs grilles, sans vide, quoique en faible épaisseur.

Avec le foyer gazogène, on peut marcher aux fines et aux menus gras, demi-gras et quart gras ou avec leur mélange, et des houilles plus maigres ; si le mélange arrive à bien coller, il ne donne ni tamisage, ni entraînement par la cheminée ; donc, le foyer gazogène laisse beaucoup d'élasticité pour les qualités à employer et facilite les traités en approvisionnement de combustibles.

De plus, le foyer gazogène se charge sans laisser pénétrer dans la chambre de combustion autant d'air que dans les foyers ordinaires ; on le remplit jusqu'au gueulard sous une épaisseur de 0,250 m à 0,400 m de combustible, de sorte que les charges, en moyenne, sont quatre à cinq fois plus fortes que pour les autres locomotives ; alors les portes ou gueulards sont ouverts moins

souvent, ce qui est une garantie contre les fréquentes rentrées d'air, qui refroidissent le faisceau tubulaire et le détériorent.

Enfin, avec les machines munies d'un foyer de ce système, on peut aborder les fortes rampes avec une réserve de combustible en pleine combustion, pour cinq à dix minutes de marche, pour le travail même à outrance. Quand il y a lieu, d'ailleurs, de dépasser la limite du travail courant, pour ces cas exceptionnels on peut toujours faire usage de combustible de choix, tel que les briquettes de houille lavées à 5 ou 6 0/0 de cendres, et augmenter encore considérablement la production de vapeur, car alors la marche est bien celle du vrai gazogène soufflé, où la moitié de l'air nécessaire à la combustion passe du cendrier à travers la grille et l'autre moitié passe par la valve *(dite fumivore)*, pour brûler le gaz formé.

L'application de voûtes en briques aux foyers ordinaires est certainement une bonne chose, mais elle ne peut évidemment avoir tous les avantages du bouilleur en cuivre, elle présente des inconvénients dus à son peu de durée, au bout de très peu de temps, 15 à 20 jours, la voûte en briques est vitrifiée, déformée et souvent percée, la combustion devient de plus en plus mauvaise jusqu'au moment où l'on refait une voûte neuve. On a reproché au Bouilleur-Cloison Ten Brinck de coûter cher, parce qu'il est en cuivre rouge : à ceci on peut répondre que le cuivre ne perd pas sa valeur intrinsèque, qu'il augmente la surface de chauffe directe, qu'il facilite beaucoup la circulation de l'eau autour du foyer, et par conséquent, qu'il augmente considérablement la production de celui-ci, tout en le protégeant contre les coups de feu, et enfin qu'un bouilleur-cloison reste en place sept ans et que pendant sa durée moyenne qui est de quinze ans, il ne réclame que trois ou quatre réparations de peu de valeur. D'ailleurs, les expériences récentes faites à la Compagnie de Paris-Lyon et publiées en juillet 1889 par M. Henry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de cette Compagnie, sont tout à l'avantage du foyer Ten Brinck comparé avec les autres systèmes *(Voir annexe A)*.

Pl. 8, fig. 1, 2 et 3. — Foyer Ten Brinck ordinaire à gueulard.

Pl. 8, fig. 4, 5 et 6. — Foyer Ten Brinck Bonnet.

CHAPITRE II

§ 4. — Réchauffeur d'eau d'alimentation.

(Pl. 8, fig. 11, 12 et 13.)

L'eau est en moyenne à la température de 10 degrés dans les tenders des locomotives, on peut la porter à 100 degrés pour l'introduire ensuite à la chaudière à la température de 96 à 98 degrés, en moyenne à 97 degrés.

Dans la chaudière entre les pressions de 10 à 11 *kg* effectifs, la température de l'eau est en moyenne à 186 degrés, la chaleur totale de vaporisation est de 663 calories et l'eau entraînée en moyenne de 15 0/0, le nombre total pratique de calories nécessaire, pour former 1 *kg* de vapeur est donc de :

$$(663^{cal} - 10^{cal}) + [(186^{cal} - 10^{cal}) \times 0,15] = 667 \text{ calories.}$$

L'économie ou l'augmentation de puissance due à l'alimentation à la température de 97 degrés à l'introduction de l'eau dans la chaudière est de :

$$(97^{cal} - 10^{cal}) + [(97^{cal} - 10^{cal}) \times 0,15] = (97^{cal} - 10^{cal}) \times 1,15 = 100^{cal}$$

et l'économie rapportée au calorique dépensé pour la formation de 1 *kg* de vapeur utile est de :

$$\frac{100^{cal}}{667^{cal}} = 15 \text{ 0/0 théoriquement.}$$

Examinons comment on peut réaliser pratiquement la plus grande partie de cette économie, en prenant le calorique nécessaire à cet effet, à la vapeur d'échappement, sous les conditions ci-après qui doivent être remplies :

1° La soustraction d'une fraction de cette vapeur d'échappement, 1/5 en hiver et 1/6 en été, ne doit pas nuire au tirage.

2° La vapeur doit être purgée de ses matières grasses qui ont servi à lubrifier les cylindres, pistons et presse-étoupes.

3° L'eau froide qui arrive dans le réchauffeur ne doit pas pouvoir aller aux cylindres.

4° La pompe d'alimentation doit pouvoir bien fonctionner à 100 degrés.

5° L'air mis en liberté par le chauffage de l'eau à 100 degrés et

soumis à l'ébullition doit pouvoir se dégager du réchauffeur sans perte de vapeur.

6° Quand un coup de pompe à eau froide fait un léger vide partiel de quelques centimètres d'eau, soit de un centimètre de mercure au plus, l'air extérieur ne doit pouvoir rentrer dans le réchauffeur, vu que la vapeur ultérieurement mettrait trop de temps pour l'en chasser, et alors l'eau d'alimentation ne serait plus chauffée, ou le serait très imparfaitement, c'est-à-dire à 50 ou 60 degrés.

Voici comment à la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans, le problème a été résolu, d'une façon tout à fait satisfaisante pour locomotives à marchandises.

L'annexe *d* donne tous les détails du réchauffeur avec ses appareils accessoires tels qu'ils sont montés depuis juin 1881 sur un certain nombre de locomotives à marchandises. 17 applications sont aujourd'hui en service.

§ 4 *bis*. — Conditions de fonctionnement des pompes.

A 100 degrés, la force élastique de vapeur d'eau *(ou sa tension)* fait équilibre à la pression atmosphérique, donc l'aspiration n'est pas possible sans une charge et pour cette raison on a placé le réchauffeur sur le corps cylindrique de la chaudière, afin d'avoir une charge d'eau chaude sur le clapet *(dit d'aspiration)* capable de le soulever et de donner brusquement à l'eau chaude une vitesse assez grande pour remplir le corps de pompe pendant la course rétrograde du piston plongeur. La charge d'eau chaude est de 2 *m* et le diamètre du tuyau d'amenée d'eau chaude est de 0,100 *m* dans ces conditions, on a à la vitesse de 40 *km* à l'heure :

1° Charge d'eau chaude pour soulever le clapet. . . .	0,250 *m*
2° Perte de charge pour donner la vitesse d'écoulement à l'eau chaude pendant 1/6 de seconde dans le tuyau 100 *mm* et à un volume utile de 0,800 *l*	0,250
3° Perte de charge pour vaincre le frottement dans 3,500 *m* de longueur de tuyau avec coudes.	0,060
4° Perte de charge pour assurer le passage sous le clapet pour une levée de 10 *mm*, à la vitesse de 2 *m* par seconde	0,221
Charge totale nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de la pompe à eau chaude	0,781 *m*

Mais, comme une course de piston s'accomplit dans 1/6 de seconde, nous avons pensé que l'inertie du liquide *(qui trois fois est en mouvement et qui trois fois est en repos pendant la durée d'une seconde* pouvait, dans la pratique, modifier considérablement nos prévisions. En marche, à la vitesse de 40 à 42 *km;* le niveau de l'eau chaude a donc été maintenu à une hauteur beaucoup plus grande au-dessus du niveau du clapet d'aspiration de pompe à eau chaude, et encore, pour assurer le bon fonctionnement des pompes, faut-il que le rapport entre les volumes engendrés par les pompes à eau chaude et à eau froide soit :: 2 : 1; dans ces conditions, le service est pratiquement assuré, mais on remarquera que les tuyaux sont relativement de gros diamètres avec coudes de grands rayons, que tous les ajutages sont coniques pour donner le mouvement uniformément accéléré ou retardé, afin d'éviter autant que possible les pertes de force vive, que de plus, à chaque arrêt ou changement de direction, il y a un récipient régulateur à air, et qu'enfin la pompe à eau chaude engendre un volume double de celui qu'elle a à refouler, de sorte qu'elle est elle-même un récipient régulateur.

Comme on peut le voir, la perte de charge théorique peut être comprise entre 0,781 *m* et 0,900 *m*, mais, dans la pratique, elle varie entre 1,350 *m* et 1,500 *m*, la charge réelle étant de 2 *m*; il y a donc toujours, dans les cas extrêmes, un excès de charge de 2 *m* — 1,500 *m* — 0,500 *m* d'eau, pour assurer le bon fonctionnement de la pompe à eau chaude.

§ 5. — Influence de la prise de vapeur d'échappement sur le tirage de la cheminée.

Le service de la pompe à eau chaude étant bien assuré, nous avons dû examiner si une diminution de 15 à 20 0/0 du poids de vapeur d'échappement, lancée dans la cheminée, pouvait réduire le tirage et diminuer la quantité de combustible brûlée dans l'unité de temps, d'où il s'en serait suivi une diminution de production de vapeur qui aurait limité l'augmentation due à l'alimentation à l'eau chaude; alors on aurait bien fait 15 0/0 d'économie de combustible, mais la puissance de la machine serait restée invariable, de sorte qu'au prix d'une complication, on aurait fait une économie discutable sans augmentation de puissance. Mais il résulte de nos très nombreuses observations que, si

le tirage est diminué de 15 à 20 0/0 pour une même ouverture des valves de l'échappement variable, c'est parce que la vitesse d'écoulement de la vapeur à travers cet appareil est réduite de 15 à 20 0/0. Pour avoir la même vitesse d'échappement, il faut donc réduire la section d'écoulement en serrant les valves de 15 à 20 0/0, soit de deux crans sur onze; alors on a la même vitesse et la même pression sur les pistons à l'échappement, donc la résistance (*très faible, il est vrai*) au mouvement des pistons n'est pas augmentée, mais le poids, comme le volume de la vapeur qui passe par la cheminée, sont diminués de 15 à 20 0/0, tout en produisant un tirage suffisant; nous avons reconnu, d'ailleurs, que cette diminution de poids ne diminue pas le tirage dans les boîtes à fumée et à feu, en observant sensiblement les mêmes vides au manomètre à colonne d'eau et pour une même pression à l'échappement, la consommation de combustible est demeurée la même. Il faut, d'ailleurs, remarquer que le rapport entre la pression à l'échappement et le vide dans la boîte à fumée est pour les grands tirages :: + 5m000 : — 0m130 ou :: + 38 : — 1; avec un tel écart, il n'est pas surprenant qu'un quart ou un cinquième de vapeur en plus ou en moins n'ait aucun effet sur le tirage ou vide dans les boîtes à fumée et à feu. En service, il a été constaté que, pour une même dépense d'eau et de combustible, l'alimentation à l'eau chaude nous donnait une notable augmentation de puissance, surtout dans les longues rampes, sur lesquelles il faut alimenter d'une façon continue; on a remarqué aussi qu'il faut moins serrer l'échappement et que l'alimentation fait moins tomber la pression. Ainsi, sur la rampe d'Étampes, pour une même consommation, une augmentation de vitesse de 4 *km* sur 16 *km* a été obtenue, grâce à une pression plus élevée de 1 à 2 *kg*.

§ 6. — Épuration de la vapeur de réchauffage.

(Pl. 8, fig. 12 et 15.)

La vapeur, avons-nous dit, doit être purgée des matières grasses de la lubrification. A cet effet, nous la faisons passer dans un appareil dit dégraisseur, qui est formé d'un cylindre ayant trois à quatre fois le diamètre du tuyau d'amenée de vapeur; celui-ci est un peu contracté à son débouché, qui se termine en dents de scie faisant égouttoir, afin que les globules d'eau grasse viennent

s'amasser sous les pointes et soient lancées de haut en bas dans le ...ble fond de l'appareil; puis la vapeur passe, en cheminant ...rizontalement à travers une série de quatre grilles cylindriques ... barreaux évidés *demi-circulaire*, en quinconce, qu'elle choque ...cessivement dans leurs parties creuses; l'eau grasse passe au ...ble fond, où il a repos absolu pour la vapeur; ensuite la vapeur ...rend un mouvement à 90° et chemine verticalement de bas en ...t, avec une vitesse 10 à 15 fois plus petite que celle avec ...quelle elle est arrivée dans l'appareil; pour remonter, la vapeur ...contre encore deux larmiers qui retiennent l'eau de condensa...n due au refroidissement de l'appareil, en la forçant à passer au ...uble fond.

Les eaux grasses de l'épuration de la vapeur nous embarras...ent : nous ne savions où les écouler, lorsque l'idée de les en...ver dans le cendrier nous vint à l'esprit. En effet, on ne saurait ...ux les placer, car leur quantité est très notable, 300 *l* (0,300 *m*³) ...r heure, ou 5 *l* à la minute; ces eaux ont été mesurées au moyen ...n tuyau en caoutchouc les conduisant dans un récipient spécial ...e sur la plate-forme.

Ces eaux grasses, en tombant dans le cendrier, sont chassées ... le vent jusqu'au fond, elles mouillent les cendres, éteignent ... escarbilles qui tombent rouges et rafraîchissent les barreaux ...grilles; c'est le meilleur moyen de conserver ceux-ci, car alors ... barreaux ne sont plus entre deux feux, le fond du cendrier ...nt toujours abondamment mouillé, parce qu'il reçoit beaucoup ...s d'eau qu'il n'en peut évaporer; l'excès d'eau coule sur la voie ...s que la machine est en marche.

§ 7. — Appareil de sûreté du réchauffeur.

Le plus grand inconvénient possible du système était l'arrêt de ...pompe à eau chaude et, par suite de l'élévation du niveau dans ... réchauffeur, l'introduction de l'eau dans les cylindres de la loco...tive le dôme du réchauffeur aurait pu lui-même être défoncé ...r les coups de pompe à eau froide, l'eau chaude n'en étant plus ...xtraite; mais, ainsi qu'on peut le voir sur le dessin, la vapeur, ...ur pénétrer du dégraisseur dans le réchauffeur, est obligée de ...lever un clapet en bronze, s'ouvrant du dehors en dedans (*Pl. 8, fig. 12*); par suite, l'introduction de l'eau dans les cylindres ...st impossible, si la pompe à eau chaude cesse de fonctionner; le

réchauffeur se remplit d'eau et le clapet se ferme; mais, alors, une soupape de sûreté qui surmonte le fond supérieur sphérique du réchauffeur se lève et laisse un libre passage à l'eau sous la pression du refoulement de la pompe d'eau froide *(Pl. 8, fig. 11, 12 et 19).*

Ces soupape et clapet de sûreté ont toujours bien fonctionné sur 17 locomotives du chemin de fer d'Orléans, sans que depuis le 13 juin 1881, on ait eu le moindre accident à signaler.

Évent.

Lorsque l'on chauffe l'eau à la température de 100°, sous la pression 760, elle dégage 7 0/0 d'air dissous, qui à 100° occupe un volume de 10 à 11 0/0 en moyenne, de sorte que par 10 *l* d'eau injectée au réchauffeur, il faut évacuer 1 *l* d'air, sans quoi au bout de quelques minutes de marche, le réchauffeur serait plein d'air et la vapeur ne pourrait plus y affluer, l'eau en sortirait aussi froide qu'elle y serait entrée. Pour évacuer continuellement l'air du réchauffeur, nous avons percé d'un trou de 8 *mm* de diamètre faisant évent la soupape de sûreté, mais cette soupape en bronze est fondue avec un siège pour un clapet sphérique en ébonite de 12 *mm* de diamètre, ne donnant lieu qu'à une charge de 7 *mm* d'eau, pour laisser libre passage à l'air avec un petit excès de vapeur. Cette sphère en ébonite est logée dans une petite chapelle, à quatre évents, vissée sur la soupape de sûreté. *(Pl. 8, fig. 19.)*

La nécessité d'avoir recours au petit clapet sphérique en ébonite nous a été démontrée par un mauvais réchauffage, alors que l'air pouvait être aspiré dans le réchauffeur par une légère dépression due à un appel de condensation inférieur à la pression de la vapeur à l'échappement, c'est-à-dire quand l'échappement variable est ouvert en grand et quand on marche à petite vitesse avec de très faibles admissions. Sans le clapet en ébonite, l'air rentre en partie dans le réchauffeur et la température de l'eau d'alimentation de 97 à 101° tombe à 50 et 60°; au contraire, avec le clapet en ébonite, l'air ne pouvant plus pénétrer dans le réchauffeur, c'est une plus grande quantité de vapeur qui y est aspirée et la température de l'eau d'alimentation ne tombe pas à son arrivée à la chaudière au-dessous de 94°.

Siphon.

Pl. 8, fig. 7, Z.

Plus haut, nous avons fait remarquer tous les avantages de arrosage du cendrier avec les eaux grasses évacuées par le dé-…seur, mais au début de nos essais, en 1881 et 1882, nous …marquions que plus la vitesse était grande, moins la température …eau était élevée au réchauffeur, avec l'échappement détendu; …n, qu'à grande vitesse avec les machines à voyageurs, il n'y … t aucun réchauffage, l'eau sortait du réchauffeur presque à la …me température qu'elle y était entrée, des essais manométri-…s nous firent voir que, dans ce cas, la pression du vent dans cendrier *où vient déboucher le tuyau d'évacuation d'eau grasse du …graisseur* était très souvent supérieure à la pression de la vapeur …happement, alors une partie de l'air affluant sous la grille a la …ssion de 0,050 d'eau arrivait dans le dégraisseur. La vapeur pouvait donc plus se rendre au réchauffeur.

Pour faire disparaître cette introduction intempestive de l'air, …s avons recourbé le tuyau d'évacuation d'eau grasse, de façon … avoir un siphon de 0,400 *m* de hauteur avec évent assurant …jours une garde ou colonne d'eau de 0,380 *m* au minimum. …me la pression de l'air ne dépasse jamais, avec les vents de-…t les plus violents, celle de 0,300 *m* de colonne d'eau, nous …ns eu, à partir du jour où nous avons placé les siphons, l'as-…rance de ne plus jamais voir l'air pénétrer dans les réchauf-…rs, et aussi, à partir de ce jour, l'eau d'alimentation a-t-elle …jours été chauffée régulièrement, à une température moyenne … peut être évaluée à 97° à son entrée dans la chaudière.

Les tableaux joints à la fin de ce mémoire donnent les résultats …atiques obtenus à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. (*Voir annexe C.*)

CHAPITRE III

8 — De la circulation de la vapeur autour des cylindres.

Pl. 8, fig. 16, 17 et 18, et Pl. 9, fig. 31, 32, 33 et 34.

Le réchauffage des cylindres par le calorique pris directement … la chaudière a donné lieu à de nombreuses recherches et, à …origine, on faisait circuler la vapeur autour des cylindres et de

leurs fonds, avant de l'introduire dans les boites à tiroirs de distribution. Les partisans de cette disposition prétendaient réchauffer les cylindres pour empêcher la condensation intérieure; les adversaires de ces idées répondaient qu'en voulant réchauffer ainsi les cylindres, on produisait de la condensation dans les enveloppes et que l'eau chaude en résultant passait ensuite en partie dans les cylindres moteurs; il était donc sans intérêt de ne pas laisser cette eau chaude se former intérieurement, il y avait au contraire avantage à ne pas compliquer les machines en appliquant des enveloppes, puisque le résultat était le même ou à peu près.

La vérité est que l'enveloppe avec introduction de la vapeur contenant l'eau entrainée *(à laquelle s'ajoute celle due à la condensation dans l'enveloppe)* dans le cylindre n'est que d'une faible utilité, mais cependant on en trouve une, qui est celle d'éviter en partie la condensation adhérente intérieure.

En effet, si des cylindres sont sans enveloppe, le métal prend une température que nous supposons être une moyenne entre les températures d'échappement et d'admission, soit, pour les locomotives, $\frac{106^\circ + 180^\circ}{2} = 143^\circ$, nous admettons que les cylindres soient bien recouverts de corps isolants; alors, pendant l'admission à 9, 10 ou 11 *kg*, il y a condensation sur les parois intérieures à la façon de la rosée, cette condensation adhérente cesse de se déposer quand, par la détente, la pression est tombée à 3 ou 4 *kg* correspondant à une température voisine de 143°. A partir de ce moment, le métal restitue du calorique et l'eau condensée se vaporise, surtout pendant la période d'échappement; dans le cas des grandes détentes, la température du métal tombe très probablement au-dessous de 143°, chiffre auquel nous nous sommes arrêtés pour fixer les idées.

Si les mêmes cylindres étaient à enveloppes de vapeur, ils conserveraient la température de la chaudière et il n'y aurait pas d'autre condensation que :

1° Celle due à l'entraînement;

2° Celle due à la circulation dans l'enveloppe;

3° Celle due au travail même de la vapeur.

Car il ne se formerait pas sensiblement de rosée sur les parois qui seraient à la même température que la vapeur et même à une température supérieure de 1 à 2 degrés. Il n'y aurait donc pas de condensation adhérente. Or, avec les machines sans condensation,

à grande vitesse, à faible détente, avec des pressions moyennes ne dépassant pas 6 à 7 *kg*, la quantité d'eau condensée sur les parois intérieures des cylindres, comparée aux trois autres sources de condensation spécifiées ci-dessus, est tellement petite qu'il est bien difficile en pratique industrielle de la chiffrer; on peut donc considérer comme inutile l'enveloppe de ces cylindres, mais on doit reconnaître que pour les machines à condensation et à grande détente, l'enveloppe dans les conditions ci-dessus est d'une notable utilité.

Certains inventeurs ont pensé à purger les enveloppes d'une façon continue, au moyen de divers appareils dits purgeurs automatiques, mais généralement la marche de ces appareils est des plus incertaines, et l'eau chaude qu'ils évacuent à la température de la chaudière est la cause d'une perte considérable de calorique, car souvent avec cette eau passe une notable quantité de vapeur, ce qui fait qu'en pratique on considère la purge continue des enveloppes comme une cause de perte plus grande que le gain dû au réchauffage des cylindres, en d'autres termes, plus nuisible qu'utile.

D'autres inventeurs ont fait la purge continue au moyen d'une petite pompe spéciale *du type des pompes alimentaires* en refoulant continuellement l'eau chaude de purge dans la chaudière et à la température de celle-ci. Il y a bien là une petite amélioration, mais pas un remède radical, attendu que la vapeur qui passe dans l'enveloppe y chemine avec une trop grande vitesse pour déposer les gouttelettes d'eau chaude qu'elle transporte; bien plus, elle balaye et chasse aux cylindres les globules de condensation qui se forment sur les parois extérieures de ceux-ci, de sorte que l'extraction faite par la pompe de purge ne représente qu'une partie très minime de l'eau que transporte la vapeur.

Enfin, d'autres encore ont pensé à la circulation indépendante avec extraction continue, au moyen de la pompe de purge comme ci-dessus et avec retour à la chaudière; dans ce cas, la vapeur motrice passe directement aux cylindres, et un tuyau de petit diamètre amène de la vapeur vive sous la pression de la chaudière dans les enveloppes; comme il n'y a pas de perte de charge sensible dans celles-ci, la pression est de 1 2 *kg* et la température de 3 à 4 degrés supérieure aux températures des pressions à l'introduction; ici, les enveloppes deviennent de véritables vaporisateurs, comme tous les appareils de sucreries, distilleries, etc.; malheureusement, leur effet utile peut être annulé parce que la vapeur

apporte avec elle de l'air qui, au bout de cinq à six minutes de marche, peut remplir les enveloppes; alors, la circulation cesse, celles-ci sont paralysées et rendues inutiles parce qu'elles sont remplies de l'air atmosphérique, dissous par l'eau, qui a été mis en liberté par l'ébullition.

§ 9.

Dans des études et recherches faites en collaboration avec MM. les Ingénieurs de la Compagnie d'Orléans, nous avons voulu avoir des enveloppes très actives et combiner les avantages de la circulation et du réchauffage au moyen des dispositions indiquées sur le dessin *(annexe C)*. Notre premier projet était conçu d'après les conditions ci-après :

1° La circulation était complètement indépendante.

2° L'introduction de la vapeur dans les enveloppes avait lieu au moyen d'un petit tiroir régulateur *(pl. 9, fig. 35, 36 et 37)*, ouvert avant celui qui donne la vapeur aux cylindres et disposé de telle façon que dès qu'il y avait mouvement, les enveloppes se trouvaient sous la pression de la chaudière, quels que soient les étranglements et pertes de charge que la vapeur pourrait subir pour passer de la chaudière dans les cylindres; on était sûr aussi d'avoir toujours la fonte des cylindres à 3, 5 et même 10 degrés de température au-dessus de celle que la vapeur peut avoir dès qu'elle commence à agir sur les pistons.

3° La purge se rendait dans l'un des corps d'une pompe à plongeurs et à double effet *(fig. 8, page 61)*, pour de là se rendre dans la chaudière par un éjecteur condenseur *(pl. 8, fig. 28 à 30)*.

4° La pompe alimentaire refoulant de l'eau à 94, 96 et 98 degrés, prise au réchauffeur, rencontrait l'eau chaude de purge à une température voisine de 180 degrés dans les pavillons de l'éjecteur, la purge se trouvant sensiblement à la même pression que la chaudière dans l'éjecteur, avec l'eau d'alimentation à 96 degrés, le mélange se trouvait vigoureusement refoulé par la pompe alimentaire à une vitesse de 10 *m* par seconde, il y avait donc de ce fait une aspiration énergique : en d'autres termes, l'éjecteur était un Injecteur Giffard alimenté d'eau à 96 degrés d'une part et d'eau et de vapeur à 180 degrés d'autre part, forcées au besoin par des pompes et dont le travail devait être nul ou très peu considérable en marche normale.

5° Un piston régulateur *(fig. 8, page 61)*, commun aux deux pompes, alimentaire et de purge, tout en les laissant à simpie

effet d'aspiration, les mettait à double effet de refoulement, car la pompe alimentaire refoulait dans l'éjecteur, et aussi sur le piston régulateur, celui-ci repoussé refoulait aussi dans l'éjecteur où les deux courants s'aspiraient mutuellement; le volume engendré par le piston régulateur était moitié de celui engendré par le piston de la pompe alimentaire, donc seulement la moitié du refoulement de celle-ci passait à l'éjecteur et de là au rabat d'eau (*pl. 8, fig. 26 et 27*), placé dans la chaudière. Mais quand le piston de la pompe alimentaire aspirant celui de la pompe de purge refoulait un mélange d'eau et de vapeur, qui repoussait à son tour le piston régulateur et lui faisait restituer la moitié du refoulement primitif qu'il a absorbé, c'était donc le mouvement alternatif du piston régulateur qui produisait le double effet dans chacun des tuyaux de refoulement des pompes de purge et alimentaires. Cette disposition a dû être adoptée, à la suite d'une précédente disposition où le mélange des eaux de purge et d'alimentation se faisait sur les pompes où se trouvait monté l'éjecteur, le tuyau commun de refoulement qui conduisait le mélange dudit éjecteur à la chaudière s'entartrait très rapidement. La nouvelle disposition que nous avons installée sur cinq locomotives n'a donné lieu à aucune incrustation. Le rabat d'eau (*fig. 26*), en forçant les sels incrustants à cheminer le long du corps cylindrique au moment de leur formation, s'oppose parfaitement bien aux dépôts de tartre sur les tubes vaporisateurs. A 180 degrés lesdits sels sont insolubles et s'écoulent sans adhérer, à l'état boueux, et sans production de tartre sur les tubes.

6° Ces enveloppes devaient être fondues en fonte douce recuite et porter des glaces rapportées en fonte dure trempée pour les tiroirs de distribution.

Ce programme, pour diverses raisons, fut modifié, en vue de le simplifier :

1° La circulation complètement indépendante fut ajournée, afin de n'avoir qu'un seul tuyau d'amenée de vapeur sur les cylindres, et on fit les prises de vapeur pour la circulation dans les enveloppes, dans les boîtes à tiroirs de distribution. (*Pl. 8, fig. 18.*)

2° Pour éviter de rapporter des glaces en fonte trempée, on fit les enveloppes en fonte très dure, comme pour tous les autres cylindres de la Compagnie d'Orléans.

Cette modification aux prévisions premières a été très préjudiciable à l'expérimentation, car les cylindres se sont tous fendus sans exception, en laissant la vapeur fuir de tous les côtés, et

c'est avec beaucoup de peine que nous avons pu faire des essais comparatifs.

D'un autre côté, il y a lieu de faire les remarques suivantes. Pendant la marche avec le régulateur ouvert en grand, on ne constatait dans les pompes, sur les clapets de refoulement, que des pressions variant entre — 0,5 *kg* et + 0,5 *kg* au-dessous et au-dessus de celle de la chaudière ; cela était parfait, car on n'entendait même plus le moindre bruit du battement des clapets ; mais il n'en était plus de même quand on fermait partiellement le régulateur de prise de vapeur à la chaudière, car, si, par exemple, la pression était à 10 *kg* dans la chaudière et seulement à 5 *kg* dans les boîtes à tiroirs, soit également à 5 *kg* dans les enveloppes, la pompe de purge cessait de fonctionner régulièrement, elle comprimait la vapeur sans pouvoir soulever le clapet de refoulement, et le corps de pompe recevait de l'eau chaude à 5 *kg* et à 158 degrés ; au bout de huit à dix coups de piston, se trouvant bien plein, il se produisait un formidable coup de piston faisant marteau d'eau par suite de l'inertie du clapet de refoulement et de la colonne d'eau, qui le surmontait sous la pression de la chaudière. A la vitesse de 75 à 85 *km* à l'heure, les coups de marteau d'eau donnaient des pressions de 75, 85, 100, 120 et même 130 atmosphères mesurées au manomètre spécial pour presse hydraulique.

Sous de pareils chocs, il est impossible de tenir les joints, et les tuyaux de refoulement, quoique renforcés, se sont crevés.

Dans nos essais nous avons constaté que l'intensité des chocs est proportionnelle au carré des vitesses, plus à la pression dans la chaudière, c'est-à-dire que, pour une même vitesse à 10 *kg* de pression à la chaudière, l'intensité des chocs est double de ce qu'elle est à 5 *kg*.

Comme conclusion, nous dirons que l'essai fait sur dix locomotives, au Chemin de fer d'Orléans, a démontré :

1° Qu'avec des fontes dures il est impossible de faire tenir une enveloppe de cylindre.

2° Qu'avec des abaissements de pressions au-dessous de celle de la chaudière, il est aussi impossible d'assurer pratiquement le service des pompes alimentaires et de purge, qui se brisent ou brisent les joints et les tuyaux.

§ 10.

S'ensuit-il que cet essai puisse faire condamner l'usage des enveloppes pour les locomotives? Nous ne le croyons pas, et voici pourquoi :

Les diagrammes ont nettement accusé, pour une même introduction, une augmentation de travail ; la courbe est relevée notablement vers la fin de la course, et l'augmentation de surface de diagramme a été de 2,75 0/0 sur une machine, et de 3,50 0/0 sur une autre, pour des introductions moyennes à 20 0/0.

L'économie d'eau dépensée entre Paris et Orléans et *vice versa* pour un même travail, dans les mêmes conditions de charge avec un même nombre de voitures et pour des conditions atmosphériques identiques, a toujours été de 5 0/0. Cette eau a été rétrogradée à la chaudière a la température de 180 degrés. Donc l'économie de calorique a été de $\frac{180° - 15°}{660 - 15} =$ 25 0/0 par kilogramme d'eau de condensation, 15° étant la température de l'eau au tender; mais comme nous n'avons que 0,05 d'eau rétrogradée, l'économie réelle se réduit à 0,25 × 0,05 = 1,25 0/0.

La pression dans tous nos essais a varié entre 9 et 10,500 *kg*.

Or, dans des essais faits au frein sur une machine fixe à enveloppe de vapeur et sans condensation, nous avons obtenu une économie de 5 0/0 de combustible avec une pression de 6 *kg*, une admission a 20 0/0 et avec une distribution à détente Farcot. Il est donc probable que si on avait pu compter exactement la dépense de combustible sur les locomotives d'Orléans, on aurait trouvé une économie de $\left(\frac{2,75 + 3,50}{2}\right)$ + 1,25 = 4,37 0/0.

Enfin, nous ferons remarquer qu'avec M. de Quillacq, sur les machines Sulzer de la Ville de Paris, nous avons obtenu en eau contre le cheval-vapeur heure avec une dépense de 1,030 *kg* de houille a 6 0/0 de cendre, soit avec une économie bien constatée de $\frac{1}{12}$ ou de 8 0/0 sur la marche même avec circulation, mais sans l'extraction continue au moyen de la pompe à double effet que nous venons de faire connaître plus haut.

Les machines de la ville de Paris marchent sous pression de 5 à 5,5 *kg* avec admission moyenne au $\frac{1}{10}$; bien entendu, comme toutes les machines de ce type, elle sont à condensation.

Dans ces derniers essais, on pouvait à volonté avec la même machine *(afin de la comparer à elle-même)*, marcher facultativement avec ou sans circulation de vapeur dans les enveloppes, au moyen d'un jeu de robinets disposés à cet effet. La totalité de la vapeur traversant l'enveloppe se rendait dans les boîtes à clapets de distribution.

On est donc en droit de supposer, qu'avec la nouvelle distribution de la Compagnie d'Orléans, *(que nous ferons connaître plus loin, qui permet l'emploi de très hautes pressions et des détentes très prolongées)* que l'enveloppe de vapeur avec circulation active, avec extraction continue et complètement indépendante, pourrait réaliser en bonne pratique industrielle, sur les locomotives, une notable économie ou une augmentation de puissance correspondante.

Avant de terminer ce chapitre, nous ferons remarquer qu'au moyen de l'éjecteur placé sur la chaudière *(Pl. 8, fig. 28, 29 et 30)*, l'eau à 96 degrés est portée brusquement à 180 degrés et 183 degrés ; elle absorbe donc un courant de purge 180 — 96 = 84 calories par kilogramme d'eau d'alimentation ; or, 84 calories sur 645 représentent donc $\frac{84}{645} = 13\ 0/0$, donc 13 0/0 du volume total de la vapeur produite par la chaudière traversent les enveloppes à grande vitesse, pour être retournés à ladite chaudière sans aucune déperdition. Ce volume considérable balaye par sa grande vitesse, dans les enveloppes, toute l'eau et tout l'air qui, sans cela, pourraient s'y accumuler ; c'est pour ceci qu'au Chemin de fer d'Orléans on appelle les anciennes enveloppes, enveloppes dormantes ou inactives, et les nouvelles, enveloppes actives.

Enfin, les expériences de la Compagne d'Orléans (1) ont bien nettement démontré que les pompes à eau chaude bien construites peuvent fonctionner jusqu'à vitesse de 220 tours de roues par minute, soit de 80 *km* à l'heure. A cette vitesse, la pompe alimentaire à eau chaude à 94, 96, 98 degrés a encore une marche assurée ; mais, pour peu que l'on serre l'échappement et que la température monte à 102 degrés, elle lâche et l'alimentation cesse. Or, comme souvent les nécessités du service font qu'il faut dépasser la vitesse de 80 *km*, M. Ernest Polonceau, Ingénieur en chef, a décidé de supprimer l'alimentation à l'eau chaude pour les machines à voyageurs, mais de la conserver et de lui donner de l'extension pour

(1) Voir, pour les détails, l'annexe C.

les machines à marchandises, où les pompes ont toujours donné de bons résultats.

Donc, on pourrait espérer réaliser sur les machines locomotives l'économie ou l'augmentation de puissance de 16 0/0 au moins, dont :

12 0/0 par l'alimentation à l'eau chaude,

Et 4 0/0 par la circulation de la vapeur dans des enveloppes actives, mais il faudrait, pour cela, établir la circulation complètement indépendante, des enveloppes en fonte douce recuite, des glaces en fonte trempée rapportées et un système de pompes spéciales indépendantes du mouvement de la locomotive, soit des pompes à vapeur à action directe, pouvant faire l'alimentation maxima sans dépasser la vitesse de 180 à 200 coups de piston par minute. Malheureusement, les locomotives sont déjà devenues si compliquées qu'on recule devant des complications nouvelles ; et généralement les frottements ou l'entretien des organes ajoutés absorbent le plus clair du bénéfice espéré ; mais il faut bien dire cependant que, sans complication, il n'est pas possible de produire de résultats économiques, et il y a lieu de se demander, en présence des recherches actuelles faites avec les machines compound à 3 et à 4 cylindres, s'il ne serait pas préférable de suivre d'abord la voie que nous venons d'indiquer et celle que nous essaierons dans les chapitres qui suivent.

CHAPITRE IV

§ 11. — De la siccité de la vapeur dans les boîtes à tiroir de distribution.

On trouve dans tous les ouvrages spéciaux des tables donnant les vitesses d'écoulement de la vapeur sous diverses tensions et densités, s'échappant soit d'un milieu à une pression P, dans un autre milieu à une pression *p*, soit dans l'atmosphère ou dans le vide.

Si la vapeur se comportait comme un gaz, les indications données par ces tables lui seraient applicables, et elles permettraient de déterminer pour une faible perte de charge de 0,1 *kg* à 0,3 *kg*, par exemple, les orifices d'introduction, pour faire passer la vapeur de la chaudière dans les cylindres avec le minimum de perte de pression. En ayant, par exemple, 10 *kg* à la chaudière, on

pourrait avoir 9,7 *kg* sur les pistons dans les cylindres avant la détente, c'est-à-dire pendant toute la période d'introduction et à la vitesse de 90 *km*. Mais, dans la pratique usuelle, les choses ne se passent pas ainsi : la vapeur réputée sèche renferme 10 0/0 d'eau à l'état vésiculaire *(brouillard)*; d'ordinaire elle en contient 15 0/0, et celle des chaudières à production très active *(pour locomotives, bateaux à vapeur, etc.)* en renferme souvent entre 20 et 25 0/0, en bonne marche normale; de sorte que ce n'est pas l'écoulement d'un gaz qu'il faut considérer, mais bien celui d'un mélange d'eau et de gaz (vapeur).

Sous la pression de 12 *kg*, qui est celle à laquelle on marche aujourd'hui, pour une perte de charge (à l'introduction au tiroir ou distributeur) seulement de 0,2 *kg*, la vitesse d'écoulement de la vapeur sèche serait de 80 *m* par seconde; mais si, sous cette pression, on écoulait de l'eau, la vitesse ne serait plus que de 6,25 *m*, donc la vitesse réelle de la vapeur chargée de brouillard, entre 15 et 20 0/0, doit être considérablement réduite; malheureusement, jusqu'ici, aucune détermination précise n'a été faite. Si on considère que la réduction de vitesse est proportionnelle à la quantité d'eau transportée par la vapeur, on peut admettre que la vitesse réelle doit être de 60 *m* par seconde environ; mais, pour avoir la vitesse réelle, il faut encore tenir compte de celle que la vapeur a dans les tuyaux, pour passer du dôme de prise de vapeur dans les boîtes de distribution; il y a encore de ce fait une perte de charge égale à la première et que nous avons estimée 0,2 *kg*, à laquelle perte il faut ajouter celle due au frottement dans les tuyaux de conduite, qui peut être évaluée à 0,3 *kg*. De sorte qu'au total, la somme des pertes de charge peut être évaluée à 0,7 *kg*. Avec les grandes admissions, soit avec les faibles détentes, la perte de charge totale varie *(suivant une foule de circonstances pratiques qui ne sauraient trouver place ici)*, entre 0,5 *kg* et 0,8 *kg*; mais avec les faibles introductions au 1/8, au 1/9 et au 1/10, la perte de charge atteint jusqu'à 2 *kg*, et même plus; cela est, du reste, facile à comprendre : si l'introduction ne se fait que pendant 1/9 de la course des pistons, pendant les 8/9 du temps, il n'y a plus d'autre mouvement que celui qui tend à ramener les capacités des boîtes à tiroir à la pression de la chaudière; sur les tables de distribution, le repos est absolu, une notable quantité d'eau s'y dépose, surtout si les cylindres sont sans chemise de vapeur, car les tables donnent lieu à la condensation adhérente, surtout par suite du contact des lumières avec la vapeur d'échappement; il

... il est de même pour les tiroirs ou distributeurs, et quand, avec une nouvelle course, commence une nouvelle introduction, les bords des orifices d'introduction étant mouillés, c'est d'abord une charge des boîtes dans les cylindres qui se produit ; puis, après introduction d'un mélange d'eau chaude et de vapeur, qui est loin de pénétrer dans les cylindres à la vitesse de 60 *m* par seconde qu'arbitrairement nous nous sommes donnée plus haut. Or, quand une machine est lancée à 80 *km* à l'heure, les pistons ont dans les cylindres une vitesse moyenne de 4,33 *m* par seconde, et ces pistons ayant une surface 20 fois environ plus grande que la section de débit des orifices, il s'ensuit que le premier dixième de la course ayant été parcouru à la vitesse moyenne de 3,3 *m* environ, la vitesse dans les orifices d'introduction devrait être de 3,3 *m* $\times$ 20 = 66 *m*, et encore, si les lumières étaient ouvertes en grand avec une perte de charge de 0,125 *kg* ; mais comme elles ne sont qu'au quart pour l'introduction au 1/10, la vitesse devrait donc être en réalité de 264 *m* par seconde. De là, une perte de charge 16 fois plus considérable, soit de 0,125 *kg* $\times$ 16 = 2 *kg*, que l'on observe souvent aux vitesses de 80, 85 et 90 *km* à l'heure.

Comme les orifices (*lumières des tables*) sont déjà beaucoup trop considérables, ainsi que la surface des tiroirs, on ne peut guère songer à les augmenter encore. Les seuls moyens que l'on puisse pratiquement employer sont : 1° l'augmentation du timbre de 1, 1,5 à 2 *kg* au-dessus de la pression normale à laquelle on veut faire fonctionner les locomotives ; or, comme la pression de 12 *kg* est celle qui permet d'obtenir de la vapeur, sans condensation, le maximum d'effet utile, il faut faire timbrer entre 14 *kg* et 14,5 *kg* les chaudières (1) ; 2° le séchage de la vapeur au moyen d'un sécheur à choc (2) qui retient une grande partie de l'eau de crachement et la retourne à la chaudière ; 3° la circulation indépendante, en faisant passer le crachement dans les enveloppes pour le retourner à la chaudière au moyen de nos appareils d'alimentation ; 4° l'emploi de grandes boîtes à tiroirs ou à distributeurs faisant réservoirs régulateurs pour la vapeur venant de la chaudière ; 5° l'emploi de tuyaux de conduite de vapeur à l'introduction où la vitesse maxima ne puisse dépasser 50 *m* par seconde ;

1 On doit faire observer, en passant, que l'emploi des très hautes pressions exige un très bon graissage au moyen d'appareils perfectionnés et manœuvrables à la main du mécanicien, et rendra sans doute très utile l'application de tiroirs équilibrés autant que possible.

2 Cet appareil peut être construit comme le dégraisseur (*Pl. 8, fig. 12, ...*), mais placé dans le dôme de prise de vapeur.

6° l'emploi de régulateurs d'admission équilibrés à grandes ouvertures, raccordés par des évasements, pour diminuer les pertes de charges ne donnant lieu, dans leurs parties les plus rétrécies, qu'à la vitesse maxima d'écoulement de 45 à 50 *m* par seconde.

§ 12.

Quant à la perte de charge de 14 à 12 *kg*, soit de 2 *kg* au maximum, elle n'est pas la cause d'une grande perte de calorique, car le calorique total de formation de 1 *kg* de vapeur à 14 *kg* est de 667 calories et à 12 *kg* de 665, la perte n'est donc que de 2 calories sur 665, soit de $\frac{1}{332}$; les températures sont aussi très voisines l'une de l'autre.

La perte de calorique due au crachement est beaucoup plus grande et c'est l'énorme perte due au primage qui a toujours tant préoccupé M. Lechatellier dans ses nombreuses expériences : en effet, si on engendre la vapeur sous la pression de 12 *kg* à 191 degrés, l'eau étant au tender à 10 degrés, la perte pour 1 *kg* de crachement est de 181 calories, si le crachement est minimum à 15 0/0 la perte par kilogramme de vapeur est de :

$$181^{cal} \times 0{,}15 = 27 \text{ calories,}$$

et la perte rapportée au calorique total de formation de la vapeur *ou perte réelle* est de :

$$\frac{27^{cal}}{665^{cal} \quad 18^{cal}} = 4\ 0/0.$$

On voit donc ici qu'il est possible de sécher la vapeur au point de ne plus lui laisser que 5 0/0 d'humidité au lieu de 15 à 20 0/0 et d'avoir dans les enveloppes une surchauffe de 197 degrés — 191° = 6 degrés; on augmenterait notablement le rendement de la vapeur en permettant la marche à grande détente, surtout avec la nouvelle distribution que nous ferons connaître plus loin.

§ 13.

Dernièrement, M. Ernest Polonceau, ingénieur en chef, a imaginé un moyen radical pour sécher la vapeur. *(Pl. 9, fig. 38, 39 et 40.)* Par cet ingénieux moyen, le résultat obtenu est double,

il y a à la fois augmentation de puissance de la machine et diminution de la quantité d'eau entraînée.

1° La vapeur est engendrée à 16 *kg* pour être utilisée à 10, 11 ou 12 *kg*, au moyen du détendeur. En tombant de 16 à 10 *kg*, chaque kilo ou litre d'eau met en liberté 669 — 663 6 calories environ. Comme les chaudières de la Compagnie d'Orléans renferment 3 750 *kg* d'eau, c'est donc 3 750 *kg* × 6^{cal} = 22 500 calories dont on peut disposer instantanément, si certaine nécessité du service le réclame ; cette accumulation a pour équivalent la production additionnelle de :

$$\frac{37\,500^{cal}}{663^{cal} - 183^{cal}} \quad 46\ kg \text{ de vapeur}$$

qui peut permettre de donner un coup de collier dans les rampes sans être obligé de serrer l'échappement.

2° La vapeur détendue est retournée dans la chaudière au moyen de 7 tubes de 0,050 *m* de diamètre intérieur faisant sécheur, la différence de température étant de 10 degrés, la vapeur détendue aura donc son brouillard vaporisé, si l'étendue de la surface de chauffe est suffisante. Dans le cas prévu pour un premier essai elle a 2 *m*², donc on pourra vaporiser d'après les expériences de Clément Desormes,

2 *m*² × 10 *kg* × 10° 200 *kg* d'eau chaude par heure, c'est le 1/5 du crachement à 15 0/0 pour une production de 7 000 *kg* par heure. Si on donnait au sécheur 10 *m*² au lieu de 2 *m*², ce qui n'a rien d'impossible, on pourrait arriver à la vapeur sèche et peut-être trop sèche ; donc pour ne maintenir dans la vapeur que 3 ou à 4 0/0 d'eau de crachement, 6 à 7 *m*² du sécheur de M. Ernest Polonceau suffiraient.

On pourrait encore trouver un autre avantage en marchant avec une chute de pression de 3 à 5 *kg*, car si on avait des machines à enveloppes de circulation de vapeur, on pourrait maintenir les cylindres à une température notablement supérieure à celle à laquelle ils reçoivent la vapeur, ce qui augmenterait considérablement la puissance vaporisatrice des enveloppes en relevant la courbe des pressions *vers l'échappement* et en permettant d'aborder les grandes détentes sans condensation sur les surfaces des cylindres.

§ 14.

Comme il est facile de le voir, les seules économies pratiquement réalisables sur l'emploi de la vapeur sont celles qui utilisent une fraction du *calorique latent*. Quant à la vapeur surchauffée, il est inutile d'en parler, car aujourd'hui tout le monde sait qu'elle a toutes les qualités théoriques et que malheureusement elle a par contre tous les défauts pratiques; les surchauffeurs sont lourds et encombrants, leur rendement ou effet utile est peu considérable, si on les met à la suite des chaudières, pour ne recevoir que des gaz brûlés *(fumée)*, à 400 degrés environ. Leur durée n'est que de quelques jours s'ils sont fortement chauffés, et ils sont bien vite rongés par l'oxydation intérieure et extérieure. Quant aux effets de la vapeur surchauffée sur le moteur *(la machine à vapeur)*, ils sont désastreux, les joints sont très difficiles à tenir, les organes de distribution grippent, les presse-étoupes sont brûlés, s'ils sont métalliques, l'alliage est altéré et les tiges en acier sont faussées, grippées et rayées, car le graissage est devenu impossible, les graisses végétales et animales sont décomposées en gaz et coke *(cambouis dur)*, et les graisses minérales sont volatilisées; de sorte que de toutes parts il n'y a plus que des fuites de vapeur tellement considérables qu'en quelques jours il faut arrêter, la marche étant devenue impossible, la machine réclamant une grande réparation de remise à neuf, en commençant par le réalésage du cylindre. Donc si l'emploi de la vapeur sèche est à rechercher, celui de la vapeur surchauffée doit être écarté comme étant complètement irréalisable en pratique industrielle, du moins quant à présent. *(Voir à l'annexe de la description du détendeur automatique de vapeur.)*

CHAPITRE V

§ 15. — De la distribution dans les machines à grande vitesse et à changement de marche.

Dans les chapitres qui précèdent, nous nous sommes occupés des dispositions qui ont été essayées en vue d'améliorer le rendement de la vapeur sans rien changer aux phases de la distribution. Dans ce chapitre nous allons parler des améliorations que les machines à changement de marche par coulisse peuvent recevoir au moyen de modifications dans le mécanisme même de

la distribution de vapeur et dans la forme des tiroirs. Pour les machines d'extraction des mines, les machines de bateaux à vapeur et les locomotives, le changement instantané du sens de la marche, les arrêts rapides, les démarrages fréquents, les changements d'allure et la sécurité de la marche ne peuvent être obtenus avec les systèmes de distributions perfectionnés qui conviennent aux machines à faible vitesse, à mouvement uniforme et constant, pendant des journées entières.

Pour les machines à grande vitesse et à changement de marche, la distribution par coulisse paraît, quant à présent, préférable à tous les systèmes par chocs et déclics, car, si par exemple une machine est appelée à faire 300 révolutions par minute, il lui faudrait 600 introductions et 600 échappements par minute, soit 1 200 changements de direction de courants de vapeur; donc pour les machines à déclics, il y aurait 1 200 chocs par minute, soit $\frac{1\,200}{60} = 20$ par seconde, ce qui paraît difficile à admettre malgré les résultats satisfaisants qui peuvent être donnés par le mécanisme de la distribution Bonnefond appliquée à une locomotive et qui ont besoin de la consécration de la pratique après un certain nombre d'applications.

La distribution par coulisse et ses dérivés avec tiroirs ou distributeurs intimement liés à son mouvement sans choc ou déclic peut seule, à notre avis, dans ces conditions de vitesse, donner la sécurité absolue que réclament les services publics; aussi la coulisse est-elle devenue dans ce cas le moyen généralement employé.

Mais si la coulisse est parfaite en ce qui concerne la sûreté et la facilité de marche, elle n'est pas sans défauts, au point de vue de l'effet utile de la vapeur, si on compare les résultats qu'elle donne au rendement des autres systèmes de distribution, Meyer, Farcot, Sulzer, Corliss et leurs très nombreux dérivés.

C'est à ce point de vue de l'augmentation de l'effet utile de la vapeur que, sous le patronage et les conseils de M. Ernest Polonceau, nous avons proposé et entrepris les travaux, recherches et essais que nous allons faire connaître.

§ 16.

Si on examine les diverses phases d'une distribution ordinaire avec coulisse et tiroir à coquille ordinaire, on remarque que pour

les fortes admissions, les conditions de la détente sont à peu près satisfaisantes, mais que, pour les introductions reduites de 20, 15 et 10 0/0, limite extrême de grande détente, l'utilisation de la détente se fait mal ; car, si on peut avoir l'avance constante à l'introduction, il n'en est pas de même pour l'échappement, et l'avance à l'échappement, qui est de 10 0/0 pour l'introduction à fond de course à 75 0/0, devient au point mort de 50 0/0 quand l'introduction est réduite à 10 0/0 environ. L'échappement commence donc à moitié course du piston ; si la pression est de 13 *kg* à la chaudière, de 12,5 *kg* dans les boîtes à tiroirs et de 12 *kg* sur les pistons, quand l'introduction cesse au $\frac{1}{10}$, à moitié de course la pression de 11 à 12 *kg* tombe entre 5 et 6 *kg* au moment où l'échappement commence ; on conçoit donc qu'échapper la vapeur sous une pression aussi considérable constitue une très grande perte d'effet utile, surtout pour les machines à marchandises. Pour les machines à très grande vitesse la détente se prolonge même après l'ouverture de l'échappement parce que la vapeur n'a pas le temps de s'échapper quand la lumière n'est encore que peu ouverte, et la perte se trouve ainsi en partie atténuée.

§ 17.

Le remède a été jusqu'à présent dans l'application du système compound ; et, en effet, avec des cylindres dont les volumes sont dans le rapport de 1 à 2 ou à 2 1/2, et avec une introduction de 25 0/0 dans chacun des cylindres, on peut arriver à une détente finale de $4 \times 2 = 8$, ou $4 \times 2{,}5 = 10$. Mais cet avantage théorique donne lieu en pratique à de graves inconvénients. En effet, dans l'établissement en compound, il faut supposer un travail moyen pour lequel seul le rendement est maximum et la machine parfaite, c'est ce travail qui sert à déterminer les volumes des cylindres et leur rapport entre eux ; mais si les variations de travail sont considérables, il peut arriver que le petit cylindre marche à pleine introduction et alors le grand cylindre n'est plus suffisant pour détendre la vapeur dans des conditions économiques, il peut arriver aussi que l'admission soit très réduite et alors le petit cylindre fait tout le travail utile et le grand piston se meut dans la vapeur morte. La plus grande partie du travail utile se fait donc d'un seul côté, et les conditions économiques du système n'existent que quand la machine a effectué le travail pour

..quel elle a été construite. Pour les locomotives le travail de .. tion est la conséquence du profil, de la charge, de la vitesse t éléments de puissance qui varient à tous moments ; donc la ..motive fonctionnant en compound n'est pas toujours dans des ..ditions lui permettant de réaliser les avantages du système ; : un autre côté, la vapeur pour passer d'un cylindre dans un autre . ..it une perte de charge plus ou moins grande ; aussi les surfaces · refroidissement sont plus grandes surtout avec les dispositions à trois ou quatre cylindres. Il faut aussi tenir compte de la com- ..cation du mécanisme, de l'entretien et de l'emploi. On voit .. que le bénéfice promis par la prolongation de la détente est n d'être atteint intégralement.

§ 18.

Plusieurs raisons, outre celle de la prolongation de la détente, ..litent il est vrai en faveur du compound ; ce sont d'une part, la : minution des fuites et des résistances par les tiroirs et pistons, .: d'autre part, une certaine régularisation des efforts dans les dif- ..rentes phases du cycle ; il ne faut pas cependant en exagérer l'im- ..rtance, aujourd'hui avec l'emploi du piston à doubles segments ..sant joint automatiquement sous la pression de la vapeur, les ..tes sont très faibles *Pl. 10, fig. 100, 101 et 102*. L'emploi de ces ..gments a permis de les réduire dans les proportions de 4 à 50 0. Quant aux distributions, on les fait équilibrées ou déchargées par- ..ellement, aussi ne donnent-elles pas lieu à plus d'usure que les . stributions à basse et à moyenne pressions. L'effort qui en ..sulte sur les organes du mécanisme n'est donc pas plus grand.

En ce qui concerne la régularité du mouvement, nous dirons ..e les locomotives sont toutes au moins à quatre roues accou- ..es, donc à quatre volants, sans compter sur la masse de la ma- ..ne, de son tender et du train entier, or ces quatre volants ont ..z de masse pour régulariser le mouvement d'une machine à ..ande vitesse et à deux cylindres, donc aucune des raisons ci- ..ssus ne peut être considérée comme absolue en faveur de l'a- ..ption du système compound pour les locomotives auxquelles il ..lève leur plus précieuse qualité, *c'est-à-dire l'élasticité*, en com- ; ..quant considérablement la machine ; de plus, les difficultés ..nstallation forcent à recourir à une foule d'artifices imposant les dispositions vicieuses et une augmentation de poids mort.

§ 19.

Il peut être intéressant, étant donné l'engouement auquel donne lieu, depuis quelques années, le système compound, pour les machines à haute pression, de parler ici des immenses services qu'il a rendus et qu'il rend tous les jours dans la marine. Quoique les premiers essais de condenseur par surface remontent jusqu'à 1840, ce n'est guère qu'il y a vingt ans que cet appareil est devenu pratique; avant, on ne pouvait marcher à l'eau de mer que sous une pression de 0,75 *kg* à 1,25 *kg*, et on était obligé d'évacuer 45 à 50 0/0 du volume d'eau d'alimentation; la détente était peu considérable, la perte de calorique par extraction était de 15 0/0 en moyenne.

Alors, on fit des essais de machines à deux vapeurs (*ou liquides*) eau et éther, la chaudière à éther devenant le condenseur pour la vapeur d'eau, on put ainsi faire des essais intéressants, sous des pressions variant entre 2 et 3 *kg*. Mais, dès que le condenseur par surface devint pratique, on augmenta immédiatement dans les machines à vapeur marines la pression qui fut au début portée à 3 et 4 *kg;* la Compagnie Transatlantique s'est empressée de transformer en machines Woolf (1) ses machines pilons, en changeant ses chaudières à cette époque, pour passer de la pression de 1 *kg* à 3 *kg* et à 4 *kg* par la suite; la raison en était bien simple, c'est que pour faire la détente dans un seul cylindre, la marche devenait impossible, le nombre de tours de manivelle étant trop peu considérable, le diamètre et le poids de l'hélice étant beaucoup trop faibles pour assurer une régularité de mouvements suffisante et faire disparaître les chocs dus à chaque introduction. La transformation était facile et peu coûteuse; de plus, les résultats du système Woolf étaient bien connus. Mais, l'absence de volant, surtout pour les grandes puissances, rendait nécessaire la triple manivelle; le type compound s'est donc fatalement imposé avec un cylindre échappant dans deux autres de même capacité, ce qui doublait le volume; plus tard, la pression fut portée à 6 et 7 *kg*, et on arriva à la triple expansion. Aujourd'hui, dans le but de régularisation, on pousse la pression à 8, 9 et même 10 *kg*, et toujours pour la même crainte des chocs. Certains constructeurs établissent leurs machines avec triple et quadruple expansion facultative. Ici, il faut remarquer que la pression finale avant l'échappement ne devant être, pour une bonne utilisation, que de

(1) Dit Tandem aujourd'hui.

1/2 atmosphère ou de — 0,5 *kg*, les machines étant à condensation, avec la pression de 10 à 11 et 12 *kg*, il faut marcher avec 19/20, 21/22 et 24/25 d'expansion, soit avec des introductions à 5 et 4 0/0. Le système Woolf serait meilleur pour deux manivelles, mais pour trois le système compound est préférable. Or, pour des machines de 8, 10 et 12000 chevaux effectifs, les dimensions des cylindres imposent d'en multiplier le nombre, et l'absence de volant réclame trois manivelles, car l'action des pistons sur un sixième de circonférence réduit les irrégularités de la somme des efforts tangentiels, malgré une très grande détente, à peu de chose. Quant à l'avantage qu'il y a de porter la détente de 9/10 ou 18/20 à 19/20, il n'est théoriquement que de 17,5 0/0, mais si l'on tient compte des pertes matérielles et pratiques qu'entraîne l'augmentation de pression de 5 à 6 *kg* à 10, 11 et 12 *kg*, on voit que pour utiliser cette plus-value de travail de 17 1/2 0/0, il faut de très puissantes machines de 7 à 12000 chevaux, et encore ces puissants moteurs, avec tous les frottements et chutes de pression, pour le passage de la vapeur d'un cylindre dans l'autre et avec toutes les condensations dues aux grandes détentes prolongées, ne peuvent-ils en utiliser qu'une faible partie; de sorte que l'économie pratique qui résulte de la triple et de la quadruple expansion, avec des chaudières timbrées à 10 et 12 *kg* pour des machines à condensation, est estimée à 7 et 10 0/0 au plus (1).

§ 20.

Mais on conçoit immédiatement le peu d'élasticité de semblables machines; ainsi, si le volume du premier cylindre est 1; du second, 2, et du troisième, 4, en admettant la marche à demi-introduction pour le petit cylindre, on a la détente à 7/8 d'expansion; si l'introduction est réduite au quart dans le petit cylindre, la détente finale donne 15/16 d'expansion; mais si la machine est à quatre cylindres, dont les volumes successifs sont 1, 2, 4 et 8, l'introduction à moitié dans le petit cylindre donne une expansion finale à 15/16, et l'introduction au quart, celle de 31/32; il est facile de comprendre que de telles machines ne peuvent réellement être économiques et pratiques qu'à la condition d'être de très puissants moteurs, 7 à 12000 chevaux à condensation, et de ne faire toujours que le travail pour lequel ils ont été calculés, sans quoi, dès que l'on s'écarte en plus ou en moins de ce travail

(1) Les essais faits par MM. Boer, Walter-Meunier et autres ingénieurs ont démontré qu'en pratique l'économie réelle due au système compound ne dépasse pas 3 à 5 0/0 dans les conditions les plus favorables.

normal, le rendement devient médiocre, si certaines nécessités de service exigent de doubler la puissance de travail pendant un moment, on ne peut le faire sans augmenter considérablement la dépense par cheval; c'est pourquoi, au moyen de certains artifices, la quadruple expansion devient de la triple expansion, la triple expansion de la double et enfin la double de la simple expansion.

Toutes ces combinaisons remarquables n'ont cependant eu pour résultat que de rendre les machines marines aussi économiques que les machines de terre, alors qu'avant l'application du compound, elles avaient un rendement bien inférieur. D'ailleurs, comme une fois au large, par beau temps, la machine marine développe pendant 3, 4, 8, 12 et 20 jours le même travail, le manque d'élasticité est sans inconvénient, puisqu'on lui fait donner continuellement le maximum pratique correspondant à la production normale des chaudières, compatible avec la sécurité absolue que réclament les navires transportant des milliers de personnes; mais, quand le temps est mauvais, la machine marine ne fait plus que 1/2, 1/3 ou 1/4 de son travail normal, soit de sa force nominale, donc si, par exception et accidentellement, elle ne fait pas économiquement les forces réduites, ceci est sans importance, car comme on ne peut régler la production de vapeur sur le mauvais temps, les soupapes de sûreté perdent continuellement en grande quantité; si la vapeur qui passe par les cylindres est plus ou moins mal utilisée, cela importe peu puisqu'en même temps les soupapes lâchent de la vapeur en pure perte.

Il faut aussi ne pas oublier que si nous prenons l'exemple des grandes forces de 10 à 12 mille chevaux effectifs avec la quadruple expansion, il faut compter sur quatre chutes de pression :

1° Souvent avec le condenseur par surface la force élastique de la vapeur y est de.	0,25 *kg*
2° Il faut à fin de course une pression de 0,33 *kg* (1) au moins, pour l'échappement au condenseur.	0,33 *kg*
3° Et pour le passage en cascade du petit au grand cylindre, trois chutes au minimum, l'une de 0,25 *kg*, soit au total pour les trois transvasements 0,25 *kg* × 3 =	0,75 *kg*
La perte de charge totale du petit cylindre au condenseur est de	1,33 *kg*

(1) Cette faible pression de 0,33 *kg* n'est admissible que pour de très puissante machines à très grands diamètres de piston, de 1 à 2 *m* et au-dessus.

Si on considère l'introduction au 1/8 comme donnant le maximum d'effet utile, la pression à l'origine dans les chaudières devra être en moyenne de (0,16 *kg* étant la chute de pression de la vapeur pour passer des chaudières dans la boîte à tiroir du petit ou premier cylindre) (1,33 *kg* × 8) + 0,16 *kg* = 10,80 *kg* à 11 *kg*, et dans ce cas, si l'on superpose les quatre diagrammes pour en faire un diagramme total sans cascade, on forme le diagramme qu'une Corliss ou une Sulzer à condensation aurait donné pour une même détente totale

$$(0,5\ kg \times 8) + 0,16\ kg = 4,16\ kg$$

Si, dans les cylindres d'une locomotive on veut faire la détente au 1/8, avec une demi-atmosphère de pression à fin de course, la chaudière doit être timbrée à

$$(1^{at}5 \times 8) + 1^{at} = 13^{at} = 12,43\ kg.$$

en comptant sur une perte de charge de 1 atmosphère ou d'un kilo environ à l'introduction et sensiblement 13 *kg* 1/2 si l'on admet que la perte de charge due au laminage peut arriver à 2 *kg*.

On voit donc que la haute pression n'est pas réclamée par les grandes détentes, mais bien par les résistances à l'échappement et aux échappements. Quant au rendement d'une machine, il est en raison inverse de la détente et proportionnellement au travail développé par la cylindrée.

Tableau donnant la valeur du travail effectif de la vapeur à diverses détentes (en moyenne industrielle).

VALEUR DE L'ADMISSION		TRAVAIL THÉORIQUE TOTAL avec détente le travail à pleine introduction étant 1.000	RENDEMENT D'UNE MACHINE en parfait état de construction et d'entretien	TRAVAIL EFFECTIF EN PRATIQUE
	a	*b*	*c*	*b* × *c*
	1.000	1.000	0,94	0,940
1/3	0,333	2,108	0,90	1,816
1/5	0,200	2,609	0,86	2,244
1/10	0,100	3,303	0,82	2,708
1/15	0,066	3,700	0,75	2,775
1/20	0,050	4,000	0,68	2,720

L'examen de ce tableau fait voir qu'à partir de l'admission au dixième, on ne gagne plus rien en pratique, même avec des machines parfaites, — monocylindriques. Jamais une machine à quadruple expansion ne pourra avoir les valeurs indiquées dans la colonne *c*.

§ 21.

Les locomotives marchant à grande vitesse, leurs cylindres sont relativement petits, et leur travail est des plus variables avec les charges, le vent, la vitesse, les pentes et les rampes, de sorte qu'une locomotive peut à tout moment passer d'un travail de 500 chevaux à 300, 200, 100 chevaux positifs et aussi faire un travail de 50, 100 et 200 négatifs en marchant contre vapeur. Est-ce qu'une comparaison est possible entre une machine marine et une locomotive ? Nous ne le croyons pas, et si les systèmes Woolf et compound ont rendu les machines marines aussi économiques que les machines de terre en produisant une économie notable à la mer, cela n'est pas une raison pour faire admettre sans examen approfondi qu'il en sera de même pour les locomotives ; or, aujourd'hui la locomotive fait le cheval effectif avec une dépense de 12 à 13 *kg* de vapeur (1), et non pas avec 40 et 50 *kg* comme les machines marines d'il y a trente ans ; il est donc encore permis d'espérer que l'on gagnera 15 à 20 0/0 sur la consommation des locomotives, mais il est essentiel que ce gain ne leur fasse perdre leur élasticité de puissance.

§ 22.

Ainsi que nous venons de le voir, la locomotive fait aujourd'hui le cheval effectif sur l'essieu moteur avec une dépense par heure de 1,25 *kg* de briquettes et avec une dépense de vapeur sèche de 10 *kg* à 10 *kg* 1/2. Comme comparaison, dans des essais faits sur une chaudière type (*Fig. 1*, § 1er), espèce de calorimètre de 50 m² de surface de chauffe, avec sécheur surchauffant de 1 à 3° la vapeur et n'abandonnant la fumée qu'à 200°, nous n'avons pu obtenir, dans des conditions plus théoriques que pratiques, que 8,650 *kg* de vapeur *sèche* par kilogramme de briquettes lavées de première qua-

(1) Fin août 1885, la locomotive 398 de la Compagnie d'Orléans a fait des trains expériences de 240 *t* en 21 véhicules, en développant en moyenne entre Orléans et Tours 574 chevaux 3, indiqués, en consommant 975 *kg* de briquettes et 9 615 *kg* d'eau en 98 minutes. — En 98 et 100 minutes 574 chevaux 3 indiqués = 574 *chx* × 0.60 = 344 *chx* effectifs, soit 975 *kg* × 0.6 = 585 *kg* de briquettes par heure et 9 615 *kg* × 0.6 = 5 769 *kg* d'eau, ce qui fait par heure et par cheval effectif 1,25 *kg* de combustible et 12,27 *kg* de vapeur renfermant en moyenne 1,8 *kg* d'eau, soit le cheval effectif avec 10,5 *kg* de vapeur sèche.

lité à 5 0/0 de cendre, l'eau d'alimentation étant prise à 20 degrés et la pression à la chaudière étant de 7*kg* : or 1,25 *kg* × 8,650 *kg* = 10,810 *kg*, différent peu de 10,500 *kg*; de sorte, qu'en ajoutant 15 0/0 de crachement on retrouve le chiffre de 10,810 *kg* × 1,15 = 12,43 *kg* différant très peu de 12,27 *kg* pour l'eau consommée. On voit donc que les locomotives ne dépensent pas plus que les bonnes machines à vapeur à condensation en marche courante de bonne pratique industrielle. Or, une machine Corliss, compound ou autre, dont ce travail varierait du simple au double dix fois par heure, ne pourrait être plus économique, car il faut toujours rejeter les chiffres d'exception. C'est pourquoi nous croyons que le plus grand défaut pratique de la distribution des locomotives, c'est son échappement trop anticipé avec les grandes détentes qui fait que la moitié du volume engendré par les pistons n'est pas utilisé et que la vapeur est perdue quoique encore sous la pression de 5 à 6 *kg*; alors nous nous sommes imposé de conserver l'admission telle qu'elle est, de ne changer que les conditions d'échappement. Nous ne faisons du reste que reprendre, sous une autre forme, l'idée de M. Camille Polonceau qui, en 1857, essaya à la Compagnie d'Orléans la détente Meyer à une locomotive. Cet essai fut infructueux à cause des complications du mécanisme (*il fallait deux changements de marche, etc.*), mais il n'est pas certain qu'avec les mécanismes actuels les résultats eussent été négatifs (1).

§ 23.

La première idée qui nous est venue fut d'avoir deux distributions, l'une d'introduction et l'autre d'échappement; la distribution d'introduction était mise en mouvement par la coulisse sans modification, et la distribution d'échappement était mise en mouvement par la crosse de la tige de piston (*Pl. 9, fig. 47 à 53*, et *Pl. 9, fig. 41 à 46*); de cette façon, l'avance à l'échappement restait constante, la course due au tiroir d'échappement restait invariable et la compression commençait toujours au même point de la course, soit à 15 0/0 dans nos premiers essais, à petite vitesse et à échappement variable ouvert en grand, *tout ceci était parfait*; mais dès qu'on serrait l'échappement, au lieu de prendre la vapeur à 760 soit à 0 *kg*, on la prenait à 0,25 *kg*, 0,50 *kg* et à 0,75 *kg* suivant que l'admission était plus ou moins considérable ainsi que

(1) Nous avons fait voir que, théoriquement, il fallait faire travailler la vapeur entre 11 et 12 *kg* dans les locomotives et que pratiquement on serait conduit à faire timbrer leurs chaudières à 15 et 16 *kg*; c'est ce que l'on a déjà fait pour les compound : de là des économies qu'on a attribuées au système, quoique dues seulement à l'augmentation de la pression.

la vitesse; de sorte qu'à 34, 36, 38 et 40 *km* à l'heure avec admission à 15 et 20 0/0, on arrivait à comprimer la vapeur à 9,5 *kg*, 10 *kg* et 10,5 *kg*, pression moyenne à la chaudière, tout était pour le mieux puisque l'on arrivait à remplir les espaces nuisibles à la pression de la chaudière. Mais quand l'échappement se trouvait aux tensions élevées de 0,25 *kg*,0, 50 *kg* et 0,75 *kg*, à grande vitesse, la compression montait très rapidement, attendu qu'à l'origine la pression était plus grande et qu'une grande partie du calorique développé par la compression vaporisait le brouillard, puis surchauffait la vapeur en augmentant considérablement son volume. Il est facile de comprendre que si le même volume de vapeur était de 1 + 0,75 soit de 1,75 à l'origine; avec la vaporisation du brouillard et la surchauffe due à la compression à fin de course, la pression eût été doublée et serait montée jusqu'à 20 et 22 *kg*, si les tiroirs d'introduction n'eussent pas été soulevés par la pression intérieure; dans ces conditions le travail résistant devenait tellement considérable qu'il paralysait la marche à grande vitesse, ce qui nous fit abandonner cette première disposition, qui cependant doit être vivement recommandée pour la marine et pour toutes les machines à changement de marche et à condensation. En effet, on comprend qu'à l'émission avec la condensation, la pression dans les cylindres en communication avec le condenseur n'est qu'à $0^{at},10$, $0^{at},18$ et $0^{at},25$ au plus; d'où il suit que la compression ne peut donner que des tensions finales quatre, sept et dix fois plus petites que dans le cas des machines sans condensation, à grande vitesse et à pression variable à l'échappement. Donc la distribution à deux, trois ou quatre distributeurs, avec mouvement d'introduction par la coulisse et mouvement d'échappement par la crosse de la tige de piston, est des plus recommandables, même pour les compounds, mais uniquement pour le cylindre en communication directe avec le condenseur.

§ 24.

Quand il fut bien reconnu que la compression absorbait un trop grand travail dans les locomotives *(fig. 54, nos 1 à 11, pl. 9)*, avec le dispositif que nous venons de faire connaître, nous avons cherché tout en conservant l'indépendance complète entre l'introduction et l'échappement à diminuer la compression. Le premier moyen étudié consistait en un excentrique à décalage pour donner le mouvement à la distribution d'échappement, mais cette combinaison simple en

apparence est des plus compliquées en exécution, parce qu'elle exige des purgeurs automatiques et la fermeture de l'échappement pour tous les changements de marche, elle fut abandonnée après examen par M. l'Ingénieur en chef Ernest Polonceau. Le second moyen étudié fut la double coulisse jumelle, ne réclamant que le même nombre d'excentriques, de barres et d'articulations que la distribution ordinaire (*Pl. 10, fig. 61 à 69*); lorsque le levier de manœuvre arrivait au point mort de coulisse, une tringle qui y était articulée manœuvrait un petit tiroir de distribution de vapeur, qui commandait un cylindre dit de renversement de marche; le piston de ce cylindre passait brusquement d'un fond à l'autre en faisant passer de même le coulisseau de la distribution d'échappement d'une extrémité d'échappement à l'autre, sans intermédiaire ; donc la course du tiroir d'échappement était invariablement maxima. Sous le rapport de la distribution, ce dispositif était parfait, mais il avait l'inconvénient d'avoir une coulisse jumelle difficile à placer à cause de sa grande largeur, de plus, le piston releveur à vapeur était encore un organe à ajouter, qui, en temps de gelée, pouvait amener des embarras, si la conduite de vapeur n'était pas bien purgée d'eau à chaque manœuvre et, comme la première étude, cette disposition fut abandonnée avant exécution. Le troisième système étudié, et qui est mis en pratique aujourd'hui (*Pl. 10, fig. 70 à 71, et Pl. 10, fig. 84 à 88*), consiste dans la superposition de deux coulisseaux dans la même coulisse ou mieux d'un long coulisseau à deux tourillons superposés, l'un pour le mouvement d'introduction et l'autre pour le mouvement de l'échappement. Le tourillon inférieur est celui qui donne le mouvement à la distribution d'introduction et correspond au tourillon ordinaire. Le tourillon supérieur donne le mouvement aux distributeurs d'échappement, au moyen de renvois dont la position résulte des dispositions mêmes de la machine.

§ 25.

Les avantages qui résultent de cette combinaison sont les suivants :

I — POUR L'INTRODUCTION :

1° Il est possible de réduire l'admission limite à 5 ou 6 0/0 par un angle de calage bien choisi, alors que dans les distributions ordinaires on ne peut admettre au-dessous de 10 0/0 ;

2° Le ou les tiroirs d'admission ne servant plus pour l'échap-

pement, il est très facile d'admettre par une double introduction (sans se servir du tiroir à canal);

3° La vapeur d'admission n'est plus refroidie par le passage de la vapeur d'échappement;

4° L'espace nuisible peut être réduit à 4 0/0; il est habituellement dans les cylindres de locomotives de 8 à 9 0/0;

5° La détente est prolongée jusqu'à 80 0/0 au point mort, au lieu de 52 0/0 dans les locomotives ordinaires;

6° Le ou les tiroirs d'admission sont en partie équilibrés par leur fonctionnement même.

II — POUR L'ÉCHAPPEMENT :

1° On peut donner aux lumières la largeur suffisante pour éviter toute contre-pression à très grande vitesse;

2° La compression est diminuée tout en permettant de remplir les espaces nuisibles à la pression de la chaudière;

3° Le cylindre se purge lui-même à chaque coup d'échappement.

Ainsi qu'il est facile de le comprendre par suite de la position du tourillon de commande du tiroir d'échappement, les conditions de cet échappement sont différentes pour la marche en avant et pour la marche en arrière, et en rapprochant ou en éloignant de l'axe de commande du tiroir d'admission l'axe qui commande l'échappement, on peut faire varier à volonté les avances à l'échappement et les compressions. Les annexes indiquent les conditions qui sont en essai, deux machines sont en service depuis plusieurs mois : l'une avec des tiroirs d'échappement à coquille, et l'autre avec des tiroirs d'échappement cylindres oscillants(1). Ces machines sont celles qui ont servi aux premières expériences avec compression très forte. Les cylindres ont été conservés et ils ont le défaut d'avoir des espaces nuisibles plus grands que les cylindres de même diamètre des machines ordinaires. Les résultats obtenus ne peuvent donc encore être jugés définitivement; mais, nous avons en service depuis quelques jours de nouveaux cylindres à espace nuisible réduit et à quatre distributeurs. Il y a lieu d'espérer que les résultats seront tout à fait satisfaisants avec ces nouveaux cylindres (2). *(Voir à l'annexe* E *les détails relatifs à la nouvelle distribution.) (Pl. 40, fig. 89 à 99.)*

(1) Cette dernière fait en moyenne 6 0/0 d'économie de combustible depuis plusieurs mois.

(2) Du reste leurs diagrammes accusent une augmentation de travail théorique de 22 0/0.

CHAPITRE VI

§ 26.

Des conclusions sur les perfectionnements réalisés dans ces derniers temps dans la construction des machines à vapeur à grande détente, à grande vitesse, à hauté pression et sans condensation.

Plus haut, nous avons vu que la locomotive actuellement bien construite fait le cheval vapeur effectif (*compté sur son arbre ou essieu moteur*) avec une consommation par heure de 1,250 *kg* de briquettes ou charbon de bonne qualité et avec une dépense de 10,500 *kg* de vapeur sèche ou utile, correspondant à une consommation moyenne de 12 *kg* d'eau environ.

Les machines fixes à grande vitesse du système Armington et Sims sans condensation, très répandues en Amérique pour l'éclairage électrique, sont garanties par les constructeurs pour une dépense de 12,250 *kg* de vapeur, par heure et par cheval effectif, mesuré au frein de Prony ; mais, les machines bien soignées ne dépensent en réalité que 10,5 *kg* à 11 *kg* ; ces machines marchent généralement à la vitesse de 250 à 300 tours de volant par minute, sous des pressions de 5 à 6 *kg* seulement.

Les machines Corliss, type du Creusot, d'après les essais faits par M. Delafond, Ingénieur en chef des mines (1884, septembre et octobre, *Annales des Mines*), ne dépensent, sans condensation, par heure et par cheval effectif, que 10,740 *kg* avec introduction à 20 0/0, et sous la pression effective de 7,760 *kg*. Mais sous la pression effective de 5,800 *kg* dans les mêmes conditions, la dépense s'est élevée à 10,800 *kg*

La même machine marchant à condensation à 7,750 *kg* avec introduction au $\frac{6,7}{100,0}$ a dépensé 9,270 *kg*, et avec introduction à $\frac{12,5}{100,0}$ 9,530 *kg*. Sous la pression effective de 4,500 *kg* la dépense par heure et par cheval effectif n'a encore été avec admission à $\frac{15,5}{100,0}$ que de 9,580 *kg* et avec admission à $\frac{20,0}{100,0}$ 9,470 *kg*.

Si on considère que l'alimentation à 97 degrés, au moyen du réchauffeur, donne une économie de 14 0/0, l'eau étant prise à

20 degrés, on voit que la dépense d'eau et de combustible aurait été réduite à 0,86 de ce qu'elle a été, si au Creusot on avait utilisé la vapeur d'échappement à chauffer l'eau d'alimentation à 100 degrés pour l'introduire dans la chaudière à 97 degrés; dans ces conditions, la dépense pour la marche sans condensation se serait réduite à 10,740 *kg* $\times$ 0,86 = 9,240 *kg*, chiffre inférieur à 9,270 *kg* de bien peu de chose il est vrai, 9,270 *kg* — 9,240 *kg* = 0,030 *kg* ; mais cela permet de conclure qu'à haute pression avec le réchauffage de l'eau à 97 degrés, la condensation ne présente aucun intérêt et il faut remarquer que dans les essais Creusot l'on n'a marché qu'à 7,750 *kg* et non pas à 10, 11 et 12 *kg*, comme il est préférable de le faire pour obtenir le maximum d'effet utile avec la marche sans condensation.

§ 27.

D'un autre côté on voit que pour la marche à condensation on a peu gagné, en pratique, pour passer de la pression de 4,500 *kg* à celle de 7,750 *kg* que l'économie se réduit à

$$9{,}47\ kg - 9{,}270\ kg = 0{,}200\ kg$$

soit à 2 0/0 environ ; ce qui fait voir qu'en pratique les admissions inférieures à $\frac{12}{100}$ et $\frac{11}{100}$ cessent d'être économiques ; donc le maximum d'effet utile est obtenu avec des détentes variant entre le 1/7 et le 1/9, soit en moyenne avec l'introduction au 1/8. Si l'on admet qu'à fin de course la pression effective doit être encore de 0,5 *kg* ou de $1/2^{at}$ sur les pistons, on voit que pour une machine à condensation, la pression normale à la chaudière n'a pas besoin de dépasser $1/2^{at} \times 8 = 4$ atmosphères qu'en comptant même sur la détente au $\frac{1}{10}$ elle n'a pas besoin de dépasser $1/2^{at} \times 10 = 5$ atmosphères et avec l'introduction à 0,08, soit avec la détente au $\frac{1}{12}$ la pression doit être limitée à $1/2^{at} \times 12 = 6$ atmosphères ou 5 *kg* environ, donc il est inutile de faire timbrer au-dessus de 5,50 *kg* les chaudières des machines à condensation donnant un vide de 720, soit $\frac{1}{19}$ atmosphère. Quant aux machines marines compound à triple et quadruple expansion, il leur faut une plus grande pression ; les chutes pour les passages dans les cylindres

successifs et le vide très imparfait des condenseurs par surface *(qu'il faut avant tout considérer comme des appareils distillatoires)*, qui n'est souvent que de 380, soit 1/2 atmosphère, font que pour avoir 0,5 *kg* de pression effective sur les pistons à fin de course, c'est la pression de 1 atmosphère qu'il faut *(1/2^{at} + 1/2^{at} = 1 atmosphère)*; alors que pour l'introduction moyenne au 1/10, c'est $1^{at} \times 10 = 10^{at}$ qu'il faut dans les chaudières et c'est à 10 *kg* qu'il faut faire timbrer les dites chaudières pour plus de sécurité, le timbre de 10 *kg* (1) convenant pour la marche normale à 9 *kg*.

Les locomotives ne peuvent être que des machines sans condensation, elles doivent donc être établies pour la détente au 1/8 que donne le maximum d'effet utile. Les locomotives étant monocylindriques, du moins comme nous les comprenons, n'ont pas besoin de faire leur force moyenne nominale avec introduction au 1/10, au 1/12 et au 1/15, puisqu'il n'y a pas de chute pour le passage de la vapeur d'un cylindre dans un autre pour le travail moyen qu'on doit leur demander ; dans ces conditions la pression à l'introduction doit être de :

$$(1^{at} + 0^{at},5) \times 8 = 12^{at} \quad 11,4\ kg.$$

donc c'est à 13,5 *kg* (2) qu'il faut faire timbrer les chaudières et à 16 *kg* si l'on veut, comme M. Ernest Polonceau, sécher la vapeur par détente dans un vaporisateur logé dans la chaudière (3).

En résumé on voit que les locomotives, de même que les machines fixes les plus perfectionnées, Farcot, Sulzer, Corlis et Compound, que la condensation ne présente même pour les machines fixes qu'un bien médiocre intérêt ainsi que le tableau ci-dessous le fait voir.

(1) Pour la simple expansion et 11 *kg* pour la quadruple expansion, voir page 38.

(2) Pour les locomotives à grande vitesse, voir page 38.

(3) Certains ingénieurs ayant fait construire des compound timbrées à 14 et 15 *kg*, les ont trouvées économiques, en les comparant aux machines ordinaires timbrées à 8, 9 et 10 *kg* au plus. Mais s'il les avait comparées à des machines monocylindriques également timbrées à 15 *kg*, c'est le contraire qu'ils auraient constaté.

Dépense de vapeur réelle (sèche), par heure et par cheval effectif, de diverses machines perfectionnées et en bonne pratique industrielle.

TYPE DES MACHINES	PRESSION DE LA VAPEUR à la chaudière	DÉPENSE PAR HEURE ET CHEVAL EFFECTIF	
		Vapeur sèche dite utile	Vapeur avec 15 0/0 d'eau
	kg	*kg*	*kg*
Locomotive n° 394 de la Compagnie d'Orléans sans enveloppe ni réchauffeur d'eau d'alimentation	10	12,414	14,276
Locomotive n° 398, même type, avec enveloppe et réchauffeur	10	10,500	12,270
Machine Armington et Sims, sans enveloppe de vapeur et sans condensation. . . .	6	12,250	14,087
Machine Corliss, du Creusot, avec enveloppe de vapeur, sans condensation ni réchauffeur	7,750	9,666	Vapeur avec 10 0/0 d'eau 10,740
La même, sans condensation, avec réchauffeur.	7,750	8,316	9,240
La même, à condensation.	7,750	8,343	9,270
La même, à condensation.	4,500	8,523	9,470

L'infériorité de la locomotive et de la machine Armington sur la machine Corliss est due uniquement à ce que, pour les grandes détentes, la distribution des deux premières échappe à 65, 60, 55 et 50 0/0 de la longueur de la course des pistons. De plus, pour la locomotive, pour un travail de 100 minutes, il y a eu un grand nombre de variations de forces, qui ont fait varier les admissions entre 15 et 30 0/0; donc qui n'ont pas laissé la machine dans ses meilleures conditions de rendement. Pour la machine Armington et Sims, la pression de 6 *kg* est beaucoup trop faible et de plus son cylindre est sans enveloppe de vapeur.

Mais il est facile de voir que si la locomotive dépense de 2 *kg* à 2,200 *kg* d'eau plus que la Corliss, soit 24 0/0 environ, il n'est pas impossible d'en augmenter le rendement au moyen des dispositions qui précèdent, et, il est permis d'espérer de voir à très bref délai la locomotive aussi parfaite pour le rendement que les machines fixes les plus récentes et les plus perfectionnées.

§ 28.

Il résulte de cette discussion que la condensation est rarement utile et qu'il serait regrettable aujourd'hui de faire de grands sacrifices pour percer des puits devant fournir 200, 300, 600 et 1 000 mètres cubes d'eau par heure pour la condensation de machines de la force de 500 à 3 000 chevaux, comme en réclame aujourd'hui les stations pour l'éclairage électrique, car ces volumes d'eau sont d'inutiles petites rivières artificielles créées à des prix ruineux.

Enfin, en ce qui concerne les locomotives, nous ajouterons qu'elles peuvent brûler, suivant les cas, les plus médiocres combustibles; qu'elles peuvent produire aussi avantageusement le cheval-vapeur que les machines fixes les plus perfectionnées, et que c'est une utopie, à notre avis, du moins pour le moment, que de vouloir les remplacer pour les chemins de fer par d'autres moteurs, tels que les moteurs électriques, à air comprimé, etc...., car l'action directe de la vapeur de la chaudière de la locomotive, avec sa puissante élasticité, devra toujours la faire préférer à tout autre appareil remorqueur. Nous insisterons sur ce point parce que l'on rencontre encore beaucoup de personnes qui se figurent que la locomotive est une machine à vapeur médiocre, que les exigences de son service rendent fatalement mauvaise et qu'en la remplaçant par des remorqueurs indirects, on aurait l'avantage, dans les postes fixes *usines de force motrice* d'employer de bonnes chaudières à bouilleurs, semi-tubulaires, avec économiseurs, réchauffeurs brulant des fines, poussiers de houilles, etc.... Or, les chaudières de locomotives à foyer gazogène sont des générateurs à vapeur pouvant même avec l'emploi des mauvais combustibles rivaliser, avec les meilleures chaudières fixes en usage et avec les machines à balanciers Woof, Corliss, Sulzer, Farcot, Compound à condensation. De plus, en consultant le tableau ci-dessus § 27, on voit que l'avantage des machines fixes les plus perfectionnées ne serait pour un travail régulier et constant *ce qui n'est pas*, que de 24 à 25 0 0, soit 1 4, sur les locomotives ordinaires, mais que cet avantage même pour un travail constant n'existera plus, quand la comparaison en sera faite entre les machines fixes les plus perfectionnées et les locomotives également les plus perfectionnées.

On peut encore démontrer que, pour un même travail, il y a

34 à 35 0/0 d'économie à réaliser et que, pour une même quantité de combustion dans l'unité de temps pour une même surface de grille, il y a possibilité d'augmenter aussi de 35 0/0 ou d'un tiers la puissance d'une locomotive, soit d'une machine sans condensation.

1° 0	Dépense d'une locomotive ordinaire . .	1000
2° § 1 . . .	*Idem* à foyer gazogène ou Ten Brinck; économie, 10 0/0 en moyenne; 1000 × 0,90 = ...	900
3° § 4 . . .	Dépense avec réchauffeur d'eau d'alimentation; économie, 15 0/0; 900×0,85=	765
4° §§10 et 12.	Dépense avec circulation active dans les enveloppes; économie, 4.37 0/0; 765 × 0,9563 = ...	721
5° § 25. . .	Dépense avec la nouvelle distribution à 4 distributeurs; économie moyenne probable d'après les diagrammes, 10 0/0; 721 × 0,900 =.	648

Donc, en accumulant sur une machine sans condensation tous les perfectionnements qu'elle peut recevoir, il est permis d'espérer qu'une économie de 100,0 — 64,8 = 35,2, soit de 35 0/0, est très pratiquement réalisable (1).

Ainsi une locomotive ordinaire qui dépense 13 *kg* de vapeur réelle par heure et par cheval effective, peut être perfectionnée au point, de ne plus dépenser que

$$13\ kg \times 0,65 = 8,450\ kg$$

comme les meilleures machines à condensation.

(1) Il y aurait encore à tenir compte de l'économie réalisée par le détenteur à haute pression de M. Ernest Polonceau et de la surchauffe relative qu'il peut donner, qui semble devoir atteindre 5 0/0 et qui serait à ajouter aux économies de 35 0/0 spécifiées ci-dessus.

ANNEXE A

Note sur le foyer système Ten Brinck, appliqué aux locomotives du chemin de fer de Paris à Orléans.

L'application du système de foyer Ten Brinck a été faite, depuis l'année 18[illegible], à 1 215 locomotives de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, c'est-à-dire à la presque totalité des locomotives de cette Compagnie. Primitivement l'emploi de ce système a été fait dans le but de substituer à l'usage onéreux du coke celui de la houille sans toutefois produire de la fumée dans les gares, même avec les combustibles fumeux que la Compagnie d'Orléans était tenue d'employer par sa situation géographique. Les excellents résultats obtenus comme fumivorité et économie de combustible firent appliquer successivement à la plupart des locomotives en service ce système de foyer que reçurent toutes les locomotives construites depuis l'année 1862. Le foyer Ten Brinck présente aussi l'avantage de donner une grande surface de chauffe directe qu'on avait recherchée dans les foyers à séparation de Sturrock et dans ceux de Mac Connell et Beattie.

En outre de la fumivorité et de l'augmentation de surface de chauffe, le foyer Ten Brinck produit une bonne répartition de la chaleur sur la surface du foyer et réalise l'avantage très important d'une combustion rationnelle et aussi complète que possible.

Le système de foyer Ten Brinck, en usage à la Compagnie d'Orléans, se compose essentiellement, comme l'indique la planche 8, figures 1, 2 et 3, de :

Deux grilles dont une principale G inclinée à 25° est fixe et dont l'autre J plus petite et située à l'avant de la précédente, est horizontale et mobile, autour d'un axe pour servir de jette-feu.

Un gueulard en fonte et tôle A, presque aussi large que le foyer, pour chargement de combustible et dont la sole inclinée ordinairement à 45° est placée en prolongement de la grille fixe.

Un large clapet d'air C disposé au-dessus de la tôle supérieure du gueulard et manœuvrable à volonté par un levier pour régler la quantité d'air à admettre dans le foyer, dans le but de brûler les gaz provenant de la distillation de la houille sur la partie supérieure de la grille fixe.

Un bouilleur plat B, en cuivre rouge, placé au milieu du foyer à peu près parallèlement à la grille fixe et relié aux faces latérales et d'avant du foyer par 6 tubulures qui servent à la circulation de l'eau et de la vapeur en permettant aux dilatations de s'opérer librement.

Avec ces dispositions :

La houille est chargée par le gueulard, elle glisse sur la grille fixe au fur et à mesure de sa transformation en coke, et le mâchefer produit peut s'accumuler sur le jette-feu et en être facilement extrait.

L'air est introduit par le clapet d'air au-dessus du combustible et se mélange avec les gaz ramenés à l'arrière par le bouilleur, de façon à brûler, avec un léger excès d'air, les gaz provenant de la houille qui

descend de l'intérieur du gueulard. Comme organes accessoires du foyer, il faut citer :

Un cendrier fermé D muni à l'avant d'une porte, dont l'ouverture peut être graduée à volonté de la plate-forme de la machine pour régler le tirage.

Deux ouvreaux placés à droite et à gauche au-dessus de la porte de chargement du combustible pour permettre de surveiller le feu, de le travailler au besoin avec la griffe ou le pique-feu, de nettoyer le dessus du bouilleur et enfin de tamponner, quand cela est nécessaire, les tubes de fumée.

Un robinet spécial, appelé *souffleur*, permettant de projeter de la vapeur vive dans la cheminée pour augmenter le tirage.

Les foyers disposés, suivant le système Ten Brinck, sont de véritables gazogènes, car les gaz, provenant de la distillation de la houille sur la partie supérieure de la grille fixe, sont brûlés au retour de flamme au moyen d'une insufflation d'air, dirigée dans leur masse par le clapet du gueulard, pour les mélanger au gaz provenant de la combustion du charbon situé sur la partie inférieure de la grille fixe (1).

Pour obtenir la fumivorité aussi complète que possible avec ce genre de foyers, on doit :

En marche, tenir les deux grilles complètement garnies de combustible et le clapet d'air plus ou moins ouvert suivant l'intensité de la combustion, afin de brûler avec un léger excès d'air les gaz de la distillation de la houille.

En stationnant ou lors de la fermeture du régulateur en marche, ouvrir le souffleur et réduire convenablement l'ouverture du clapet d'air.

En tout cas, le chargement du combustible doit se faire en ouvrant légèrement le souffleur ou en abaissant au besoin la porte du cendrier, et en garnissant complètement le gueulard après avoir poussé vers l'avant de la grille fixe le charbon enflammé qui n'y serait pas descendu naturellement par l'effet de l'inclinaison à 25° de cette grille et des trépidations de la marche.

Si l'on admet que sur une grille ordinaire de chaudière de machine fixe, on ne peut brûler convenablement, avec tirage non forcé, que 0 6 *k* à 0 7 *k* de houille par décimètre carré de surface et par heure, avec de longs et larges carreaux qui permettent à la flamme de se développer librement, il est évident qu'en consommant sur les grilles des locomotives à foyer ordinaire 3 à 4 *kg* de houille par décimètre carré et par heure les gaz, même avec le tirage forcé, ne peuvent être entièrement brûlés avant d'arriver aux tubes de fumée.

En supposant, d'ailleurs, qu'on ne charge la grille qu'en couche mince et peu à la fois, l'air passant à travers le combustible chemine parallèlement avec les gaz sans s'y mélanger intimement et de plus les rentrées d'air à chaque ouverture fréquente de la porte, pour le chargement, causent des refroidissements nuisibles à la production de la vapeur et à la conservation de la plaque tubulaire du foyer ; si au contraire on force le chargement pour le faire moins souvent, on augmente la quantité des

(1) En essayant les gaz de la boite à fumée avec l'appareil Orsat, on ne trouve pour ces foyers aucune trace d'oxyde de carbone, mais seulement un léger excès d'air.

gaz qui échappent à la combustion, et la production de vapeur est ainsi diminuée.

C'est pour éviter ces inconvénients qu'on a employé généralement, et d'abord en Angleterre dans les foyers de locomotives, une voûte en briques réfractaires qui ramène les gaz vers la porte munie d'un déflecteur spécial en tôle destiné à projeter de l'air sur le courant gazeux, de manière à le briser et y produire un mélange qui facilite la combustion.

Dans le foyer Ten Brinck type, le mélange des gaz et la combustion sont mieux obtenus que dans ces foyers avec déflecteur et voûte en briques, parce que la projection de l'air a lieu, grâce à la grande longueur du clapet d'air sur toute la largeur du foyer et qu'en outre avec la facilité du chargement par le gueulard et par suite de l'inclinaison de la sole du gueulard et celle de la grille fixe, le combustible se prépare petit à petit par distillation progressive à brûler sans production de fumée.

On peut même charger le foyer Ten Brinck d'une manière exagérée puisque l'affluence d'air introduit peut être augmentée à volonté pour assurer une bonne combustion.

Pour les locomotives à marchandises la production de fumée dans les gares ayant moins d'inconvénient que pour les locomotives à voyageurs on leur a appliqué, à la Compagnie d'Orléans, une disposition de foyer Ten Brinck analogue à celle qui a été proposée par M. Bonnet, Ingénieur au chemin de fer de l'Est. La simplification de M. Bonnet avait été faite d'abord dans le but d'appliquer le système Ten Brinck aux locomotives existantes sans être forcé d'enlever par un travail onéreux une grande partie de la face arrière du foyer. Cette simplification, bien que n'assurant pas la fumivorité, ayant donné en pratique des résultats assez satisfaisants pour les locomotives à marchandises et certaines locomotives mixtes a été employée ensuite lors de la construction de locomotives neuves destinées à faire un de ces deux services.

La Compagnie d'Orléans possède actuellement 636 locomotives munies du foyer Ten Brinck et 579 locomotives munies du foyer Ten Brinck Bonnet.

Dans la disposition de foyer Ten Brinck Bonnet employée à la Compagnie d'Orléans et dont l'ensemble est représenté par les figures 4, 5 et 6 de la planche 8, le gueulard est remplacé par une large porte ovale, le clapet d'air est remplacé par un registre à air à ouvertures verticales fixé au centre de la porte, et celle-ci est munie intérieurement d'un déflecteur ayant pour but de diriger l'air de face et de chaque côté; en outre, pour augmenter l'insufflation d'air sur les côtés du foyer, on applique dans le système Ten Brinck Bonnet de chaque côté de la porte du foyer et vers la partie inférieure, deux ouvertures formées de tubes rivés qui permettent continuellement à l'air d'entrer dans le foyer.

Dans le foyer Bonnet, la grille fixe étant inclinée à 25° comme dans le Ten Brinck, il en résulte que sa partie supérieure est notablement au-dessous de la porte du foyer, de sorte que la couche de combustible se trouve en contact avec la partie arrière du foyer, et que la surface de chauffe directe en est par suite augmentée.

Avec la disposition de porte Bonnet, le chargement de la grille de chaque côté à l'arrière est plus difficile qu'avec le gueulard Ten Brinck,

et il faut avoir soin, en service, de bien garnir cette partie; où du reste le charbon est amené par l'effet du mouvement de lacet. L'arrière de la grille est disposé avec gradins latéraux dans les angles arrière.

Dans les divers genres de foyers Ten Brinck ou Ten Brinck Bonnet de la Compagnie d'Orléans :

La grille fixe est formée de barreaux en fer, système Raymondière, à section en lame de couteau de 130 *mm* de hauteur, 12 *mm* d'épaisseur à la partie en contact avec le charbon et 6 *mm* d'épaisseur à l'opposé.

L'écartement des barreaux est assuré au moyen de têtes de rivets que portent les barreaux placés de deux en deux.

La grille est disposée en éventail, c'est-à-dire avec un écartement des barreaux d'environ 6 *mm* à l'arrière du foyer et d'environ 12 *mm* à l'avant afin de donner à l'air un passage proportionnel à l'intensité de la combustion.

Les barreaux de la grille mobile sont également en fer à couteau avec 55 *mm* de hauteur, 10 *mm* d'épaisseur à la partie supérieure, 5 *mm* à la partie inférieure, et ont un écartement moyen de 14 *mm*.

Les écartements des barreaux de grille fixe et de grille mobile ont été déterminés pratiquement d'après la nature du combustible employé.

Tous ces barreaux laminés en fer à couteau, séparés en place seulement par des têtes de rivets tronconiques ou des rondelles d'un faible diamètre, sont bien rafraichis par l'air, font un bon service et sont peu coûteux.

La sole du gueulard est formée de deux pièces de fonte assemblées par des boulons; ces pièces peuvent être remplacées facilement et sont montées de façon à pouvoir se dilater sans résistance.

Les côtés et le dessus du gueulard sont en tôle; le dessus est formé de deux pièces afin de pouvoir remplacer aisément celle de la partie avoisinant le foyer qui se détériore plus rapidement par l'effet du feu; leur fixation est faite par des boulons et des trous ovales qui facilitent la dilatation et évitent le gondolement.

Le clapet d'air est en fonte et muni à son extrémité du côté du foyer d'un rebord destiné à protéger le pourtour supérieur de l'ouverture dans le foyer contre la grande chaleur développée en cet endroit par le mélange de l'air et des gaz. Un fer à T est, en outre, fixé à ce pourtour dans le même but.

Le bouilleur est entièrement construit en cuivre rouge avec calottes forgées, et ses entretoises sont comme celles du foyer filetées, rivées et percées dans toute leur longueur d'un trou de 6 *mm*. Sa durée est à peu près aussi grande que celle des foyers, elle varie de dix à quinze ans.

Pour boucher les interstices entre le bouilleur et les parois du foyer on emploie un coulis de terre réfractaire avec des débris de briques réfractaires, et pour l'avant, dans les locomotives à voyageurs, des briques réfractaires moulées dans ce but avec une forme spéciale.

Primitivement les tubulures de bouilleur étaient fabriquées par emboutissage et martelage et leur exécution était difficile et coûteuse. Depuis une dizaine d'années on les exécute par moulage à la fonderie des ateliers de la Compagnie, à Paris, en employant, d'après le procédé proposé par M. de Fontenay, Ingénieur chimiste de la Compagnie, le cuivre

rouge phosphure, alliage qui se coule facilement en sable vert grâce à la petite quantité de phosphore qu'il contient.

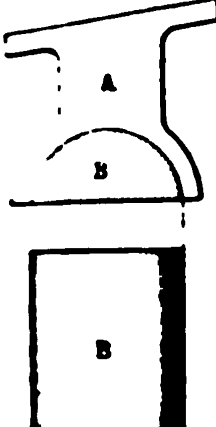


Fig. 3.

Fig. 4.

Lorsqu'on employait des tubulures embouties, le prix des pièces brutes atteignait 10 f le kilogramme; aujourd'hui, les tubulures en cuivre rouge phosphure reviennent brutes à environ à 1,65 f le kilogramme au maximum (fig. 3).

L'inclinaison des bouilleurs dans les foyers et leurs dimensions n'étant pas les mêmes dans tous les types de locomotives, il serait utile, pour mouler ces tubulures par les procédés ordinaires, d'avoir un nombre considérable de modèles.

La Compagnie a évité cet inconvénient en pratiquant le moulage des pièces en question à l'aide de l'appareil décrit ci-après (fig. 3, 4 et 5).

Cet appareil comporte, ainsi que l'indiquent ces croquis.

1° Un calibre A, de la bride cintrée pour la confection d'un noyau B, qui en épouse la forme.

2° Un marbre et deux règles, d'une largeur égale à l'épaisseur de cette bride, pour la confection d'une galette en sable C, qui est cintrée sur le noyau ci-dessus et ensuite séchée à l'étuve.

3° Un trusquin D, pour trousser la partie cylindrique de la tubulure, après avoir préalablement placé sur un marbre et à l'inclinaison voulue le modèle E de la bride cintrée troussée en sable.

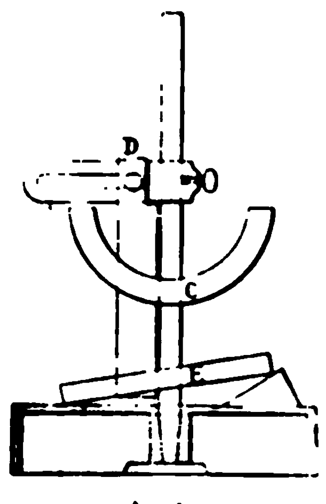


Fig. 5.

Pour faciliter le nettoyage du bouilleur et de ses tubulures, afin d'éviter les détériorations pouvant résulter de dépôts calcaires à l'intérieur des parois, le bouilleur est muni d'un autoclave au milieu de sa face supérieure et d'un bouchon à la partie la plus basse, et des autoclaves sont placés extérieurement à la chaudière en face de chacune des quatre tubulures.

Les machines à large foyer ont même quatre tubulures au lieu de deux à la partie inférieure du bouilleur afin de permettre de bien la laver pour y éviter les incrustations qui produisent une détérioration rapide des parties qui ne sont pas en contact continuel avec l'eau.

L'application du bouilleur aux foyers des locomotives est, en résumé, un véritable progrès. Si cette disposition n'a pas réussi dans les chemins de fer qui en ont fait l'essai à l'origine, c'est qu'elle n'avait pas reçu les perfectionnements nécessaires. Il est d'ailleurs indispensable, pour tirer profit du foyer Ten Brinck, de bien dresser le personnel destiné à en faire usage.

C'est grâce à ce soin et au bon entretien des appareils qu'à la Compagnie d'Orléans ce foyer perfectionné a réussi à tel point qu'appliqué d'abord aux locomotives à voyageurs, pour éviter la fumée dans les gares, il est adopté actuellement à la plupart des locomotives à marchandises, dont la consommation de combustible a baissé notablement depuis cette application. Elle a, de plus, apporté une telle amélioration dans la facilité de vaporisation que les machinistes ne veulent plus des locomotives à foyer ordinaire.

On a pensé à tort que le bouilleur subissait de fréquentes détériorations. Si quelques faits isolés ont été constatés dans les premières années, ils étaient la plupart dus à l'accumulation maladroite d'incrustations facile à éviter.

Les galeries des foyers subissent le même sort lorsque leur lavage est mal fait. Mais, avec des dispositions d'autoclaves rendant accessibles toutes les parties du bouilleur, on peut opérer un lavage complet de l'intérieur et les incrustations ne s'y accumulent pas, surtout si l'on emploie un bon liquide désincrustant.

ANNEXE B

Note sur l'appareil pour réchauffer l'eau d'alimentation, système Lencauchez (*Pl. 8, fig. 11 à 15*).

Dans les locomotives, la vapeur qui a été utilisée dans les cylindres est conduite à une tuyère placée à la base de la cheminée, d'où elle s'échappe pour activer le tirage du foyer.

Il était intéressant de rechercher s'il était possible, sans nuire au tirage, de distraire une partie de cette vapeur d'échappement et de l'employer à réchauffer l'eau d'alimentation. C'est dans ce but que M. Lencauchez a eu l'idée d'essayer sur les locomotives son appareil réchauffeur déjà appliqué depuis longtemps aux machines et générateurs fixes (*fig. 6 et 7*).

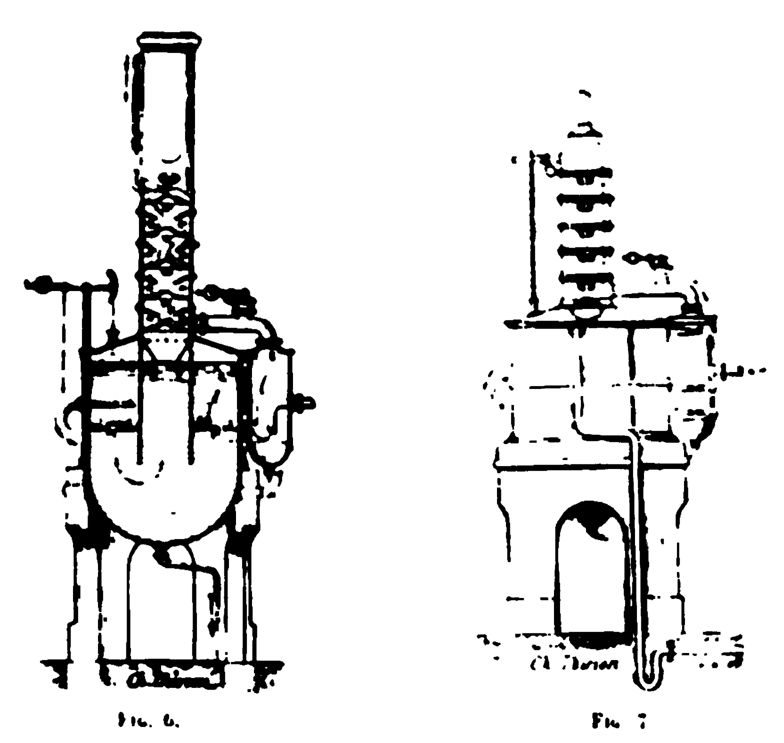


Fig. 6. Fig. 7.

Description générale. — La vapeur d'échappement prise à la sortie des cylindres est conduite d'abord dans un récipient cylindrique appelé dégraisseur où elle se débarrasse des matières grasses provenant de la lubrification, puis dans un second récipient plus grand que le premier, appelé réchauffeur, où elle se mélange à l'eau provenant du tender, envoyée par une pompe.

L'eau chaude qui résulte de ce mélange est conduite à la chaudière par une autre pompe.

Nous allons expliquer la disposition des divers organes, adoptée dans le but d'assurer le bon fonctionnement de ces divers appareils.

Prise de vapeur à l'échappement. — Le tuyau qui prend la vapeur à la sortie des cylindres est placé à l'intérieur du tuyau d'échappement et le traverse ensuite pour se rendre au dégraisseur.

Afin de forcer la vapeur à se partager dans les deux conduites qui lui sont offertes en quittant les cylindres, le tuyau d'échappement est rétréci avant son raccordement sur la tuyère pour conserver la même section de passage.

Boîte à papillon. — La tuyère d'échappement porte des valves qui permettent de faire varier la vitesse de sortie de la vapeur en faisant varier la section d'échappement.

Pour que cette variation n'influe pas sur la quantité de vapeur prise par l'appareil rechauffeur, il est nécessaire de faire varier en même temps la section de passage du tuyau qui conduit au dégraisseur.

Pour cette raison, on a placé sur ce tuyau une boite à papillon *a* manœuvrée par la tringle qui commande les valves d'échappement. *(Pl. 8, fig. 7, 8 et 10.)*

Dégraisseur de vapeur. — La vapeur prise ainsi aux cylindres arrive dans un récipient cylindrique ayant trois ou quatre fois le diamètre du tuyau d'amenée. *(Pl. 8, fig. 12, 13 et 15.)*

Elle est obligée à son débouché, à la partie inférieure de ce récipient appelé dégraisseur, de traverser une série de grilles à barreaux évidés *(demi-cylindriques)* avant de pénétrer dans le réchauffeur.

Ces barreaux en cuivre, appelés chicanes, sont placés en quinconce et présentent leurs parties creuses au passage de la vapeur qui, forcée à d'innombrables détours, dépose sur leur surface les matières grasses qu'elle tient en suspension.

Ces matières et l'eau grasse de condensation s'amassent à la partie inférieure où elles sont conduites au dehors, ainsi qu'on le verra plus loin.

Un autoclave permet le nettoyage du double fond du dégraisseur.

Réchauffeur. (Pl. 8, fig. 11 à 13.) — La vapeur, alors débarrassée des matières grasses, pénètre dans le réchauffeur et circule dans cet appareil à l'extérieur d'une partie cylindrique percée de trous, dans laquelle elle pénètre pour se trouver en contact de l'eau qu'elle doit réchauffer.

Cette eau, provenant du tender, arrive au réchauffeur par un tube central terminé par un ajutage et frappe avec force la surface sphérique d'une pièce placée au centre de la partie supérieure, puis retombe en gerbe sur une première vasque, sorte de cuvette dont les bords en dents de scie divisent l'eau en minces filets avant de la laisser retomber en cascade sur les vasques inférieures.

La vapeur qui arrive par les trous pratiqués autour de l'enveloppe des vasques se mélange donc bien avec les molécules de l'eau.

L'eau chaude qui provient de ce mélange se réunit à la partie inférieure du réchauffeur où elle est prise par une pompe.

Fonctionnement des pompes. — Les deux pompes (*Pl. 8, fig. 20 et 21*) sont commandées par des excentriques calés sur l'essieu moteur suivant des rayons opposés.

Le volume déplacé par le plongeur de la pompe à eau chaude est double de celui de la pompe à eau froide. Pour compenser les mauvaises conditions d'aspiration, étant donnée sa haute température, l'eau chaude a une charge d'environ 2 *m* sur le clapet dit d'aspiration de la pompe. De telle sorte que cette charge lui permet de soulever le clapet et de remplir le corps de pompe pendant la course rétrograde du plongeur.

Quant à la pompe à eau froide, elle fonctionne dans les conditions ordinaires.

La partie extrême du tuyau de refoulement placée dans le réchauffeur est munie d'un tube intérieur sur une longueur d'environ 80 *cm* dans lequel l'eau pénètre pour sortir ensuite par un ajutage (*fig. 11, 12 et 14, b*).

L'eau ne peut pénétrer entre les deux tubes que sur une faible hauteur, ces tubes étant réunis à leur partie supérieure par un joint étanche. L'air qui se trouve emprisonné et comprimé ainsi dans la partie annulaire par l'arrivée de l'eau assure à l'ajutage un écoulement régulier.

Appareils assurant le bon fonctionnement du réchauffeur. — Pour éviter les accidents qui pourraient résulter du mauvais fonctionnement de la pompe à eau chaude et qui se traduiraient par l'arrivée de l'eau froide dans les cylindres (*l'eau chaude n'étant plus extraite*), la vapeur, pour passer du dégraisseur au réchauffeur pousse un léger clapet (*n, fig. 12*) qui se fermerait si l'eau chaude s'amoncelait dans ce dernier récipient.

Une soupape (*Pl. 8, fig. 11, 12 et 19*) placée à la partie supérieure du réchauffeur permettrait dans ce cas la sortie de l'eau. Cette soupape a une charge de 1,2 *kg* effectif (*soit égale à une colonne d'eau de 5 m*).

Elle est de plus percée d'un trou de 8 *mm* qui forme évent. Ce trou est recouvert d'une petite sphère en ébonite formant clapet et pouvant être soulevée par une très faible pression, de sorte qu'en empêchant l'entrée de l'air extérieur, elle n'oppose pas de résistance à la sortie de l'air sous qui se dégage de l'eau par suite de son élévation de température en arrivant au réchauffeur. (*Pl. 8, fig. 19.*)

Un tube indicateur de niveau permet de se rendre compte de la hauteur d'eau dans le réchauffeur.

Un robinet d'épreuve et d'amorçage, placé sur la boîte à clapet de refoulement de la chaudière et manœuvré de la plate-forme par le mécanicien, sert également à constater le fonctionnement de la pompe à eau chaude.

Matières grasses provenant du dégraisseur. — Les eaux grasses de condensation qui s'amassent à la partie inférieure du dégraisseur (*Pl. 8, fig. 12 et 15*) sont conduites dans le cendrier. Le tube qui les amène est coudé en forme de siphon (*Pl. 8, s, fig. 7*) à sa partie inférieure afin d'empêcher par une garde d'eau l'entrée de l'air extérieur dans le réchauffeur.

Disposition spéciale de la prise d'air à l'avant du cendrier. — Dans le

but d'augmenter la vitesse de passage d'air sous la grille, l'avant du cendrier présente, quand la porte est levée, une ouverture largement évasée.

Une tringle placée à la portée du machiniste sert à la manœuvre de cette porte et permet au moyen de crans d'arrêt d'en faire varier l'ouverture suivant les besoins. *(Fig. 2, § 1er.)*

Disposition des pompes. — Les pompes à eau froide et à eau chaude ont des clapets de forme spéciale en obus qui sont guidés par des ailettes qui se meuvent dans des rainures hélicoïdales qui leur impriment un mouvement rotatif pendant leur soulèvement.

Les figures 20 et 21 de la planche 8 représentent le détail de l'un des clapets de refoulement à eau chaude, sur lequel on dispose parfois le robinet d'épreuve et d'amorçage de la pompe à eau chaude, au lieu de le disposer en avant de la chapelle d'entrée d'eau. Ce robinet présente, comme disposition particulière, un clapet de retenue qui n'empêche pas de purger la pompe, mais s'oppose à la rentrée de l'air dans cette dernière quand elle ne fonctionne pas. Un robinet spécial de vidange permet de vider le tube de purge en cas de gelée.

Il y a ainsi une disposition spéciale du clapet de prise d'eau du tender *(Pl. 8, fig. 22 et 24)*, destinée à réaliser l'alimentation continue. C'est un clapet à longue course qui a la forme légèrement conique, ce qui permet d'offrir au passage de l'eau une section de plus en plus grande à mesure que l'on relève le clapet au moyen de la vis. Un ajutage spécial avec robinet *(Pl. 8, fig. 23, 24 et 25)* normalement ouvert. donne à l'eau un passage indépendant du clapet, dans le tuyau d'aspiration; cet ajutage a un débit suffisant pour fournir l'eau nécessaire à la machine haut-le-pied.

Le réchauffeur est appliqué depuis l'année 1880 à douze locomotives; il est en cours d'application à cinq autres locomotives.

ANNEXE C

Note sur les expériences comparatives, faites en août et septembre 1885, sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans.

N° 328. — MUNIE DE LA CIRCULATION DE VAPEUR VIVE AUTOUR DU CYLINDRE (*Système A. Lencauchez.*)

N° 304. — MUNIE DE L'INJECTEUR MANLOVE.

N° 32. — ALIMENTÉE A L'EAU FROIDE AVEC L'INJECTEUR ORDINAIRE.

Les figures 31 à 34 de la planche 9 représentent l'ensemble de la machine à circulation de vapeur vive autour des cylindres, et les figures 16, 17 et 18, planche 9, les détails d'un cylindre.

Le système d'alimentation proprement dit est le même que dans le cas précédent. La vapeur est prise à l'échappement (*Fig. 31 à 34*) par le tuyau *i*, et, de là, se rend au réchauffeur *d*, après avoir traversé le dégraisseur *k* (pourvu de son tuyau de purge *l*, débouchant dans le cendrier par le siphon *m*); d'un autre côté, l'eau froide arrive au sommet du réchauffeur, aspirée dans le tuyau *a* par la pompe *b* et refoulée par le tuyau *c*. L'eau réchauffée descend par le tuyau *e*, où elle est aspirée à travers deux clapets d'aspiration par la pompe *f* et refoulée par le tuyau *g* dans la chaudière. Sur le clapet de refoulement de la pompe à eau chaude est disposé un robinet *b'* de purge et d'amorçage semblable à celui représenté ci-dessus. Les robinets d'épreuve des pompes à eau froide et à eau chaude sont disposés en *c* et *c'* à la portée du mécanicien.

Les deux pompes sont commandées par un levier oscillant actionné par un seul excentrique monté sur l'arbre moteur (*Fig. 31*).

Le système de circulation de vapeur dans les enveloppes des cylindres fonctionne de la manière suivante (*Pl. 9, fig. 31 à 34*) : un branchement *n*, sur la conduite d'admission, permet à une partie de la vapeur sortant de la chaudière, pour se rendre aux cylindres, de pénétrer dans les enveloppes, y remplir son rôle de réchauffeur, et de sortir par le tuyau *o*; les deux tuyaux *o* se réunissent en un seul *p*, dans lequel la pompe de purge *q* (*montée sur la même tige que la pompe à eau chaude f*) vient aspirer la vapeur pour la refouler dans la chaudière par le raccord *r*, le récipient *s* et le tuyau *t*.

La réunion des tuyaux de refoulement de vapeur *t* et d'eau chaude *g*, pour leur entrée dans la chaudière, se fait dans une boîte *u* (*Fig. 31*), représentée en détail (*Pl. 8, fig. 28, 29 et 30*). L'eau et la vapeur arrivent par leurs conduites respectives *g* et *t*, en soulevant des clapets ; l'eau entre directement dans le raccord de la chapelle d'entrée d'eau, tandis que la vapeur, après avoir traversé la chapelle du tuyau *t*, fait un coude pour pénétrer par un ajutage dans le raccord de la chapelle d'entrée d'eau et y fait l'office d'un ajutage convergent d'injecteur, la partie antérieure du raccord ayant la forme d'un cône divergent. Cet ajutage est représenté en coupe (*fig. 28*) ; on a ménagé entre la vapeur et l'eau une sorte de chambre d'air (*que l'on peut également remplir de tresse de coton, par exemple*), afin de mieux isoler les deux jets.

Afin d'éviter la projection de la veine liquide d'alimentation sur les tubes, ce qui encrasse ces derniers tout autour de l'orifice du raccord de la chapelle d'entrée d'eau, on a disposé sur ce dernier une tôle déflecteur, qui renvoie l'eau parallèlement aux parois du corps cylindrique. *(Voir Pl. 8, fig. 26, 27 et 30.)*

La disposition des pompes *f* à eau chaude et *q* de purge, montées pour la même tige faisant double plongeur, est telle que l'une d'elles aspire quand l'autre refoule, et *vice versa;* on profite de cette particularité de l'installation pour régulariser le débit de l'un et l'autre tuyau de refoulement au moyen d'un appareil régulateur représenté en *h (Pl. 9, fig. 31 et 32)*, et reliant les deux conduites de refoulement *g* et *t*.

Ce régulateur consiste en un piston cannelé qui se meut dans un cylindre alésé reliant les deux conduites de refoulement *g* et *t;* c piston creux, terminé en pointe du côté de la conduite d'eau, est limité dans sa course par deux butées placées une de chaque côté, comme on peut voir sur la figure 8; il se déplace de manière à augmenter le volume de

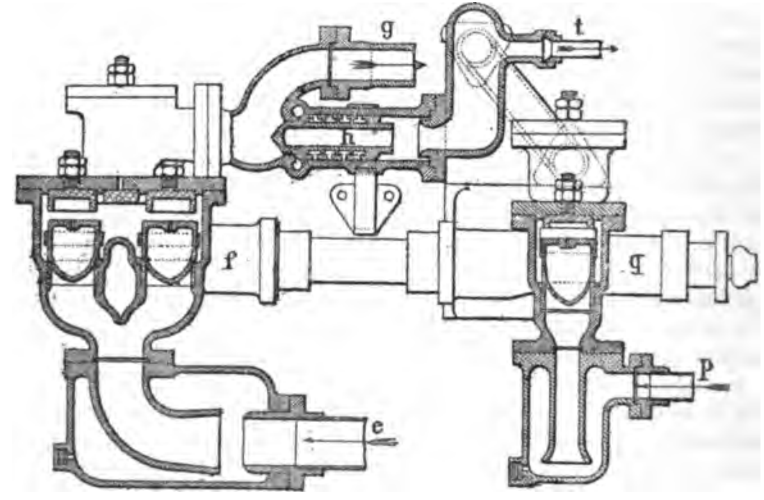


Fig. 8.

la conduite où s'opère le refoulement, tout en diminuant celui de l'autre conduite *(le volume déplacé est de trois quarts de litre environ)*. Cette disposition a pour effet de régulariser la pression sur la conduite de refoulement de manière que ses variations n'excèdent pas 1 *kg* par centimètre carré (1/2 *kg* au-dessus et 1/2 *kg* au-dessous de la pression de la chaudière).

Cinq machines à voyageurs express, à quatre essieux couplés, ont été pourvues de ce système de réchauffage et de circulation.

Au point de vue de la régularité du fonctionnement, les appareils à circulation de vapeur dans les enveloppes n'ont pas donné, en pratique, de bons résultats; cela tient à ce que, pour leur fonctionnement, il faut *(ce qui est, d'ailleurs, assez rationnel)* que la pression de la chaudière règne dans les enveloppes, afin que le refoulement de la vapeur

[illegible] dans de bonnes conditions. Si, pour une raison quelconque, le [illegible] vient à étrangler avec le régulateur l'admission dans les [illegible], il étrangle en même temps l'admission dans les enveloppes ; [le] refoulement de la vapeur ne peut plus s'opérer qu'irrégulièrement, [par à-]coups, et il en résulte des chocs qui ont généralement pour conséquence la rupture de la conduite de refoulement et des joints.

Ces mouvements ne se produiraient très probablement pas, si la [prise] de vapeur des enveloppes était indépendante de celle des cylindres, [ainsi] que l'indique le dessin de la planche 9, figures 35, 36 et 37, car [l'admission] dans les premières ne pourrait être étranglée et il y [régn]erait constamment la pression de la chaudière. Ce régulateur cylindrique est sur la même tige que le régulateur principal et doit être ouvert en grand quand le régulateur principal d'admission aux cylindres [commence] à ouvrir seulement.

[Il aur]ait fallu aussi employer des enveloppes en fonte douce recuite, [pour] augmenter leur élasticité et diminuer leurs chances de ruptures, [au lieu] des [illegible] rapportées en fonte trempée ; la plupart des enveloppes se sont, en effet, fendues, par suite de leur inégalité de dilatation avec les [cylindres].

Nous donnons ci-après un tableau indiquant les résultats obtenus dans [les] expériences comparatives de traction effectuées entre Saint-Pierre-[de]-Corps et les Aubrais, en août-septembre 1885, afin d'établir les avantages de l'alimentation à l'eau chaude par le système de circulation de [vapeu]r vive dans les enveloppes des cylindres, appliqué concurremment avec les réchauffeurs et pompes Lencauchez, d'une part, et avec [l'inj]ecteur Mazlove, d'autre part, sur le système d'alimentation par la [pom]pe et l'injecteur Bouvret ordinaires.

[Toute]fois, il semble que les chiffres indiqués dans ce tableau ne doivent pas être considérés comme absolus, car ils ne sont que le résultat [d'une] seule expérience ; néanmoins, ils établissent nettement la supériorité de l'alimentation à l'eau chaude.

La circulation de vapeur donnerait une économie de 5 0/0 d'eau et [4] 5 0/0 de combustible ; cette dernière économie a été évaluée par le [illegible], mais n'a pu être observée en service.

Les locomotives soumises aux essais étaient des locomotives express à [roues] de 2 m de diamètre, dont les dimensions principales sont les suivantes :

Surface de grille	1,67 m²
Surface de chauffe directe *y compris le bouilleur Ten Brinck*	10,96
Surface de chauffe indirecte	138,28
Surface de chauffe totale	149,24
Longueur des tubes	5,000 m
Diamètre des cylindres, locom. 394 et 398	0,450
— — locom. 52	0,440
Courses des pistons	0,650
Timbre de la chaudière	10,000 kg

Ces chaudières étaient pourvues du système Ten Brinck *qui comporte le bouilleur fumivore et le chargement continu du combustible* et de tiroirs à double introduction.

ESSAIS DE TIRAGE DANS LA BOITE A FUMÉE DE LA MACHINE A MARCHANDISES 1158

Trains 419 du 14 et du 15 décembre 1883.

STATIONS	ADMISSION	PRESSION	VITESSE	SERRAGE de L'ÉCHAPPEMENT	DÉPRESSIONS dans LA BOITE à fumée
	0/0	kg	km		mm
Coutras					
	20	8	30	2 crans de serrage.	40
	20	**8**	**30**	Id.	**35**
Saint-Médard . .					
	15	8	38	1 crans de serrage.	46
	15	**8**	**38**	Id.	**40**
Soubie.					
	15	8	30	2 crans de serrage.	46
	15	**8**	**30**	Id.	**40**
Montpont					
	15	8	35 à 40	3 crans de serrage.	48
	15	**8**	**35 à 40**	Id.	**40**
Beaupouyet . . .					
	15	8	32	3 crans de serrage.	50
	15	**8**	35	Id.	**42**
Mussidan					

Trains 718 du 17 et du 13 décembre 1883.

STATIONS	ADMISSION	PRESSION	VITESSE	SERRAGE de L'ÉCHAPPEMENT	DÉPRESSIONS dans LA BOITE à fumée
	0/0	kg	km		mm
Périgueux. . . .	20	8	55	Ouvert en grand.	44
Château-Lévêque.	**20**	**8**	**35**	Id.	**36**
Agonac					
	40	8	20	2 crans de serrage.	80
	40	**8**	**20**	Id.	60
Négrondes. . . .					
	35	8	15	4 crans de serrage.	70
	35	**8**	**15**	Id.	**60**
	30	8	18	Id.	76
	30	**8**	**18**	Id.	**70**
Thiviers.					
	35	8	12 à 15	3 crans de serrage.	64
	35	**8**	**12 à 15**	Id.	**50**
	38	8	20	Id.	85
	38	**8**	**20**	Id.	**70**
La Coquille . . .					
	35	8	18	4 crans de serrage.	86
	35	**8**	**18**	Id.	**62**
Bussière-Galant. .					

N. B. Les chiffres ordinaires concernent l'alimentation à l'eau froide. Les chiffres gras concernent l'alimentation avec le réchauffeur.

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous, un grand nombre [illegible] essais sur diverses machines munies du réchauffeur d'eau d'alimenta[illegible] à 100°, appliqué aux machines à voyageurs faisant les trains express [illegible]apides; ces essais avaient pour but de nous faire connaître les rela[illegible] à grandes vitesses, entre : 1° la pression à l'échappement; 2° l'aspi[illegible] dans les boîtes à fumée et à feu; 3° la dépression ou la pression [illegible] le cendrier, son clapet faisant manche à vent; 4° la température [illegible] brûlés *fumée* dans la boîte à fumée; 5° et enfin la production [illegible] vapeur. Les dits essais et observations qui leur ont fait suite ont bien [illegible] voir tous les avantages que peut donner l'alimentation à 95 et 97°.

[illegible] à l'échappement [illegible]	Dépression [illegible] exprimée en colonne d'eau : dans la boîte à fumée	Dépression : dans la boîte à feu	Pression de l'air [illegible] par le [illegible] et à la vitesse moyenne de [illegible] km à l'heure	Température dans la boîte à fumée (2)	Vaporisation totale (3) ou [illegible] par heure en kilogr.	Vaporisation (4) [illegible] par m² de surface de chauffe et par heure
m	m	m	m	[illegible]	kg	kg
5 0	0 130	0 [illegible]	− 0 010	412° 104° + 308°	7 350	40 à 50
4 5	0 115	0 033	− 0 00[illegible]	[illegible] » + 2[illegible]	6 [illegible]	47
4 0	0 09[illegible]	0 045	0.00[illegible]	[illegible] » + 191	6 220	45
3 5	0 0[illegible]	0 043	+ 0 00[illegible]	[illegible] » + 174	6 130	42
3 0	0 0[illegible]	0 041	0 010	[illegible] » + 150	5 [illegible]	39
2 5	0 060	0 037	+ 0 0[illegible]	[illegible] » + 14[illegible]	5 225	36
2 0	0.070	0 033	+ 0 025	[illegible] » + 12[illegible]	4 [illegible]	34
1 5	0 063	0 030	+ 0 031	[illegible] » + 116	4 [illegible]	33
1 0	0 0[illegible]	0 025	+ 0 036	[illegible] » + 104	4 120	29
0 75	0 041	0 020	+ 0 038	[illegible] » + 93	3 [illegible]	27
0 6	0 032	0.016	+ 0 041	[illegible] » + 83	3 [illegible]	24
0 4	0 020	0 010	+ 0 045	[illegible] » + 74	3 [illegible]	22
0 3	0 010	0 005	+ 0 0[illegible]	[illegible] » + 64	3 [illegible]	[illegible]

(1) La porte d'avant du cendrier faisant manche à vent qu[illegible] elle était relevée [illegible]

(2) La température dans la boîte à fumée était prise avec des [illegible]

(3) [illegible] température de l'eau [illegible] à la pression de [illegible] kg.

(4) [illegible]

EXPÉRIENCES CO

Entre Saint-

Fin Août 1885 et commencement de Septembre 1885

Charge normale des trains à 75 *km*. . . . . [illegible]
Temps alloué. . . . . [illegible]

NUMÉROS DES LOCOMOTIVES	CONDITIONS DE LA MARCHE	DÉPENSE D'EAU ET DE COMBUSTIBLE: DURÉE DU PARCOURS	COMBUSTIBLE BRULÉ	ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE	EAU DÉPENSÉE	[illegible]
		minutes	kilogr.	o/o	litres	
398	Alimentation à l'eau chaude au moyen de pompe. Circulation de vapeur vive autour des cylindres. . .	98	975	19,4	9615	[illegible]
394	Alimentation à l'eau chaude au moyen de l'injecteur Manlove. Circulation de vapeur vive autour des cylindres.	98	1 110	8,2	5 230 (de St-Pierre à Blois.)	[illegible]
52	Alimentation à l'eau froide au moyen de pompe . . .	96	1 210	»	11 150	[illegible]
		(Les dépenses de la locomotive 52 ont été prises comme termes de comparaison.)				
398	Alimentation à l'injecteur Bouvret, sans réchauffage ni circulation de vapeur autour des cylindres . . .	103	1 050	13,2	11 340	[illegible]
394	Alimentation à l'injecteur Bouvret, sans réchauffage ni circulation de vapeur autour des cylindres. . .	98	1 310	— 8,2 (Excédent de dépense sur la locomotive 52.)	11 7[illegible]0	[illegible]

ATIVES DE TRACTION

Corps et les Aubrais.

Distance, 114 km.
Profil classé en rampe de 3,5 mm
Rampe maxima : 5 mm
Charge du train d'expérience : 240 t, en 21 véhicules.

[illegible] de la circulation de vapeur vive [illegible] après les diagrammes — Rapport [illegible]	[illegible] — Augmentation de puissance due à la circulation	Utilisation du travail produit d'après la comparaison entre les diagrammes et les courbes du dynamomètre — Travail total dans les cylindres ou travail indiqué	Travail utilisé par le remorquage du train	Travail absorbé par la locomotive et le tender — total	en frottements	en [illegible]	Rapports au travail indiqué du travail — utilisé par le remorquage du train	absorbé par la locomotive et le tender — total	en frottements	en [illegible]
		chev	chev	chev	chev	chev				
[illegible]	2,7 / 3,05	574,3	344,6	229,7	91,8	137,9	0,600	0,391	0,166	0,23
[illegible]	3,4	536,6	322,0	214,6	83,8	128,8	0,602	0,398	0,157	0,241
[illegible]	»	547,6	328,6	219,0	87,6	131,4	0,604	0,396	0,161	0,235
[illegible]	»	561,5	336,9	224,6	89,8	134,8	0,585	0,415	0,160	0,255
[illegible]	»	579,1	347,5	231,6	92,6	139,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,240
Moyennes		559,8	335,9	223,7	89,1	134,4	0,600	0,399	0,160	0,240

ANNEXE D

Note sur le détendeur automatique de vapeur pour locomotive, disposé pour admettre à 10 *kg* dans les cylindres la vapeur produite à 16 *kg* dans la chaudière.

(Pl. 9, fig. 38, 39 et 40.)

Lorsque le remplacement total d'anciennes chaudières de locomotives est devenu nécessaire, par suite d'usure résultant d'un long service, il est avantageux de construire les nouvelles chaudières avec un timbre plus élevé, afin de mettre la puissance de traction de ces locomotives, qu'on refait alors à l'état neuf, en rapport avec les nécessités du trafic.

Mais, d'un autre côté, on ne peut admettre la vapeur dans les cylindres à une pression beaucoup plus forte que celle d'origine sans fatiguer outre mesure le mécanisme qui n'a pas été établi pour des efforts correspondant à cette nouvelle pression.

L'emploi du détendeur automatique de vapeur pour locomotive, qui est en application d'essai à la Compagnie d'Orléans, permet de concilier ces deux conditions opposées, c'est-à-dire d'augmenter de beaucoup le timbre des chaudières reconstruites, soit de 8 ou 9 *kg* à 15 *kg*, tout en faisant travailler les pièces du mécanisme à peu près dans les conditions pour lesquelles elles ont été établies.

Cet appareil peut encore être employé, en principe, lors de la construction des locomotives, dans le but d'augmenter leur puissance de traction sans les établir avec des chaudières très grandes ou des organes de mouvement de fortes dimensions, augmentant démesurément leur poids. Dans de bonnes conditions, on marcherait à 15 ou 16 *kg;* avec de la vapeur détendue, à 12 ou 13 *kg*.

Enfin, son emploi, permettant d'accumuler dans la chaudière une très grande quantité de chaleur, peut donner plus de ressources pour faire face aux dépenses de vapeur anormales, nécessitées par une marche difficile ou pour remonter de longues rampes.

Ce détendeur se compose en principe d'un cylindre vertical, interposé sur la conduite de vapeur, dans lequel se déplace automatiquement un piston qui ouvre ou ferme l'orifice de passage de la vapeur, suivant que la pression diminue ou augmente dans la conduite en dessous de lui.

Pour que le piston se déplace automatiquement dans le sens nécessaire, par l'effet de la pression dans ce cylindre, il est percé de trous dans sa partie médiane afin que la vapeur afflue sur ses deux faces et ne produise ainsi un effort que sur leur différence de surface qui est égale à la section de la tige, et cette tige est reliée à un ressort antagoniste qui par sa bande fait équilibre à l'effort qu'elle supporte.

Par ces dispositions, lorsque la pression augmente dans la conduite de vapeur à la suite du détendeur, le ressort fléchit et fait descendre le piston qui ferme ainsi l'orifice de passage de vapeur, tandis qu'au contraire, il ouvre cet orifice lorsque la pression diminue et qu'il est soulevé par l'effet de la bande initiale du ressort.

Le ressort antagoniste est à pincette, et sa flexibilité est très grande afin de produire un débit variable suivant les besoins.

La section de la tige du piston est relativement petite pour que les forces à équilibrer, les chocs et les oscillations soient peu considérables.

L'attache de la tige et du ressort est faite avec deux vis à pas contraires et un manchon à écrou pour faciliter le réglage de la pression d'admission aux cylindres par la bande initiale du ressort.

Le presse-étoupe forme un joint hydraulique à frottement réduit au moyen de cannelures faites sur la tige et d'un tuyau recourbé pour l'évacuation des fuites d'eau de condensation à la cheminée.

L'ouverture de l'orifice de passage de vapeur se fait progressivement par l'effet des dents à forme triangulaire dont la partie inférieure du piston est munie ; un ressort à boudin placé sur le piston sert à amortir les chocs qui peuvent se produire sur le plateau supérieur du cylindre.

Le tuyau de conduite de vapeur, à la suite du détendeur, pénètre dans la chaudière et se divise en sept tuyaux de cuivre rouge, pour que la vapeur détendue soit surchauffée ou mieux séchée par la chaleur de la vapeur à l'intérieur de la chaudière, avant d'arriver aux cylindres.

Mais un des effets les plus remarquables serait très probablement celui de la circulation de la vapeur dans des enveloppes à 3 ou 4 *kg* au-dessus de la pression d'admission dans les cylindres, car on aurait ainsi une différence de 8 à 10°, qui formerait la surchauffe la plus pratique que l'on puisse jamais réaliser.

En résumé, la locomotive de la Compagnie d'Orléans qui porte le détendeur, objet de cette description, est en essai depuis trois mois et continue à marcher en service régulier de la façon la plus satisfaisante ; l'augmentation de puissance est très nettement accusée ; l'échappement variable, cause de tant d'abus, devient inutile.

ANNEXE E

Système de distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant *(MM. Durant et Lencauchez).*

OBJET

Les dispositions présentées ont pour objet d'améliorer les conditions actuelles du fonctionnement de la vapeur dont la distribution se fait au moyen de coulisses et de tiroirs dans les cylindres des machines à vapeur en général et spécialement dans ceux des machines locomotives.

Ces dispositions ont pour conséquence de diminuer la quantité de combustible consommé par cheval, tant par la meilleure utilisation de la vapeur dans les cylindres que par la diminution du frottement des organes.

EXPOSÉ

Si l'on examine les conditions dans lesquelles se produisent les différentes phases d'une distribution par coulisse et avec un seul tiroir, on constate que le degré d'admission de la vapeur et le degré d'avance à l'échappement sont fatalement liés entre eux et qu'à une forte admission correspond une faible avance à l'échappement, tandis que cette dernière croît avec la diminution de l'admission jusqu'à devenir, au point mort, égale à la moitié de la course du piston; il en résulte que la vapeur commence à s'échapper dans l'atmosphère bien avant d'avoir épuisé toute sa force expansive.

Pour fixer les idées, calculant la perte qui provient théoriquement de ce fait; au point mort, aux environs duquel on marche au service des trains de voyageurs sur les profils faciles, l'admission est de 10 0/0 environ; l'espace nuisible représentant de chaque côté du piston un volume moyen de 8 0/0, l'admission au point mort représente 18 0/0 du volume engendré par le piston; l'échappement commençant à moitié de la course, l'expansion possible est de $50 + 8$, soit 58 divisé par 18, soit 3 volumes 2; c'est-à-dire que si la vapeur d'admission a une pression de 10 *kg*, cette vapeur commence à s'échapper à 3,1 *kg*, et il est à remarquer que la perte qui résulte de cette évacuation anticipée dans l'atmosphère de la vapeur à haute pression sera d'autant plus grande que le timbre sera élevé; or, il y a tendance à porter le timbre à 12 et 13 *kg*. On comprend donc tout l'intérêt qu'il y a à faire commencer l'échappement le plus près possible de la fin de la course du piston, tout en permettant à la vapeur de s'échapper sans produire de contre-pression.

On peut arriver à ce résultat en rendant l'introduction et l'échappement indépendants l'un de l'autre, le tiroir ordinaire modifié continuant à fonctionner pour l'admission et la détente dans des conditions analogues à celles actuelles au moyen, par exemple, de deux excentriques actionnant la coulisse, et le tiroir spécial à l'échappement recevant un mouve-

…ent alternatif au moyen d'une des dispositions qui seront decrites plus loin.

Cette combinaison permet de realiser, en les ameliorant, toutes les phases des distributions actuelles; elle presente, en outre, l'avantage de donner a volonté a l'echappement anticipé un degré fixe qui peut être reduit autant que le permet l'evacuation de la vapeur, dont la duree peut varier suivant la vitesse du piston. En outre, la compression peut être fixe aussi ou variable, suivant les combinaisons cinematiques qui seront indiquées ci-apres, et telle qu'a chaque nouvelle cylindree de vapeur la compression aura rempli l'espace nuisible de vapeur a la pression de la chaudiere et la vapeur vive viendra s'y melanger, sans perte de charge, dans un milieu rechauffe par le travail de la compression. De ..., dans ces conditions, l'avance lineaire, qui est ordinairement de 5 a 6 cm, pourra etre reduite a 3 ou 4, et il sera possible alors d'admettre a 5 ou 6 0/0; l'espace nuisible, qui est actuellement de 8 0/0 au minimum, peut etre lui-même reduit a 4 0/0 par suite de la possibilite de placer les tiroirs pres du fond.

L'admission minimum pourra donc être de 10 0/0 (= 6 + 4) et la vapeur se detendra dans un volume de 75 + 4, soit 79. L'expansion pourra donc être de 7,9, soit 8 volumes en chiffre rond. La vapeur etant theoriquement introduite a 10 *kg*, s'echappera donc theoriquement a 1,25 *kg* au lieu de 3,2 *kg* indiques ci-dessus. L'avantage theorique sera donc de 3,20 — 1,25, soit 1,95 *kg*. Ce chiffre, compare a celui qui correspond actuellement a la pression utilisee, qui est theoriquement de 10 — 3,2, soit 6,8, represente une tres notable economie (*plus de 25 0/0*).

Evidemment, dans la pratique, par suite des condensations et des vaporisations qui resultent des chutes de pression et des refroidissements, et par suite de la grande vitesse des pistons, les choses ne se passent pas conformement aux considerations theoriques; mais il n'en est pas moins evident que, toutes choses egales d'ailleurs, il doit y avoir un avantage economique :

1° A prolonger la periode de detente;

2° A augmenter la compression jusqu'a remplir les espaces nuisibles a la pression du timbre;

3° A diminuer l'espace nuisible.

Car toutes ces conditions concourent a une meilleure utilisation de la vapeur.

L'economie theorique etant evaluee a 25 0/0, il y a lieu de se demander dans quelles conditions pratiques se fait aujourd'hui, pour les locomotives, ... de la vapeur par rapport a son utilisation complete. D'apres ...ner, une machine, sans condensation, parfaite, c'est-a-dire dans laquelle la vapeur serait utilisee jusqu'a 100° et sans refroidissement ni ... de pression, doit consommer 7,5 *kg* de vapeur par cheval et par heure. Or, pour le timbre de 10 *kg*, les experiences faites sur les locomotives au moyen de dynamometres et d'indicateurs et en jaugeant ... depensee, ont permis de constater que la quantite de vapeur consommee par cheval et par heure n'est pas inferieure a 14 *kg*. Le rendement de l'utilisation de la vapeur etant donc actuellement de 50 0/0

environ, il ne paraît pas impossible de pouvoir l'améliorer d'une façon sensible.

Indépendamment des avantages précités, qu'on peut appeler thermiques et qui, de même que ceux recherchés par les dispositions compound, doivent tendre au rendement adiabatique de la vapeur, la disposition présentée en possède d'autres à divers points de vue.

Elle facilite la manœuvre du changement de marche pour les pressions très élevées, sans qu'il soit besoin de recouvrer l'emploi du servo-moteur; la course et la surface des tiroirs peuvent être réduites et les tiroirs sont presque équilibrés. Le travail du frottement est donc diminué, l'effort à exercer sur le volant de changement de marche est diminué dans la même proportion, ce qui constitue un notable avantage, surtout au point de vue de la marche rapide à contresens, en cas d'arrêt urgent. Dans cette marche à contre-vapeur, l'action retardatrice est augmentée. La disposition de tiroirs d'échappement à la partie inférieure du cylindre permet la purge naturelle par l'échappement et la suppression ou tout au moins l'emploi moins fréquent des purgeurs.

Le démarrage peut être assuré par une admission limite de 80 0/0.

Enfin, il n'y a plus à craindre que la vapeur d'admission soit condensée par suite du contact des parois des lumières d'échappement; il y aura donc probablement moins d'eau entraînée dans le cylindre.

Les tiroirs d'admission et d'échappement peuvent présenter, en outre, une forme spéciale ayant pour effet de permettre à la vapeur de s'introduire dans le cylindre de chaque côté des lumières. La quantité de vapeur introduite ou expulsée pendant le même temps sera donc augmentée, et la chute de pression à l'introduction que l'on constate à grande vitesse et la contre-pression seront atténuées notablement.

Différentes dispositions essayées.

APPLICATION D'UN DISPOSITIF DONNANT UNE AVANCE A L'ÉCHAPPEMENT ET UNE COMPRESSION FIXE

Dans cette combinaison les tiroirs d'échappement sont commandés par la tige du piston.

Deux types ont été essayés :

(a) Celui où les tiroirs d'admission et d'échappement sont à glace plane *(voir la planche 9, fig. 41 à 46)* et *b)* celui où les tiroirs d'admission seuls sont à glace plane, les tiroirs d'échappement sont cylindriques. *(Voir la planche 9, fig. 47 à 53.)*

EXAMEN DU PREMIER TYPE *(Pl. 9, fig. 41 à 46).*

Le tiroir de distribution de vapeur reçoit le mouvement par l'intermédiaire de la coulisse qui, ici, est celle de Gooch ; il donne les mêmes phases d'admission que les tiroirs ordinaires, mais il présente certaines particularités de construction qui ont pour objet d'en faciliter la conduite par un équilibre partiel de la pression qui agit sur lui et de doubler la

sa tion de lumière d'introduction. A cet effet, la table du cylindre présente, entre les deux lumières aboutissant à chaque fond de cylindre, une encoche qui est en communication avec la boite de vapeur. De plus, deux encoches pratiquées dans le tiroir permettent à la vapeur d'y pénétrer quand elles se présentent au-dessus des encoches ou des lumières de la table du cylindre. On conçoit donc que le tiroir ne supporte plus que la pression qui correspond aux parties en contact avec la table du cylindre, il est déchargé d'environ 50 0 0. En outre, les encoches, ainsi que l'indiquent les flèches du dessin qui figure sur la planche 9, fig. 55, permettent à la vapeur de pénétrer dans le cylindre par deux orifices.

Le tableau ci-dessous a indique toutes les dimensions et les phases de cette distribution dans laquelle l'avance à l'échappement est invariablement de 22 0 0 pour les diverses admissions et la compression de 78 0 0. La durée de l'échappement est donc de 44 0 0 seulement de la course du piston, tandis que habituellement cette durée est égale à la course du piston. La détente est prolongée jusqu'à 18 0 0 pour toutes les admissions.

(a) **LOCOMOTIVE N° 67** (Avril 1888. Annexe E, Planche IX, Fig. 55.)

Distribution à échappement fixe (1re disposition essayée). — Tiroir d'admission et d'échappement plans.
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	A 160 mm du milieu de la coulisse 11	Sur les points d'attache des barres 10	A 160 mm du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 8	A 160 mm du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 6	A 160 mm du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 4	A 160 mm du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 2	A 160 mm du milieu de la coulisse 1
Avance linéaire	6 mm 6 mm	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6
Avance à l'admission. .	$\frac{1/8 \quad 1/2}{100}$	$\frac{1/4 \quad 3/4}{100}$	$\frac{1/4 \quad 1}{100}$	$\frac{1/2 \quad 1/4}{100}$	$\frac{1/2 \quad 1\,1/4}{100}$	$\frac{3/4 \quad 2}{100}$	$\frac{1\,1/4 \quad 2}{100}$	$\frac{1\,3/4 \quad 3}{100}$	$\frac{2\,3/4 \quad 4}{100}$	$\frac{4\,1/4 \quad 6}{100}$	$\frac{7 \quad 9}{100}$
Moyenne.	$\frac{0.3}{100}$	$\frac{0,5}{100}$	$\frac{0,6}{100}$	$\frac{0.8}{100}$	$\frac{0,8}{100}$	$\frac{1,3}{100}$	$\frac{1,6}{100}$	$\frac{2,3}{100}$	$\frac{3,3}{100}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{8}{100}$
Ouverture maximum. .	39 1/2 34 1/2	28 1/2 24 1/2	25 21	20 1/2 18	17 1/4 15	14 12 1/2	11 10 1/2	9 9	7 1/4 7 1/4	6 1/2 6 1/2	6 6
Moyenne.	37 mm	26,5	23	19 1/4	16	13 1/4	10 3/4	9	7 1/4	6 1/2	6
Durée de l'admission. .	$\frac{74 \quad 78\,1/2}{100}$	$\frac{64\,1/2 \quad 70\,1/2}{100}$	$\frac{60 \quad 65\,1/2}{100}$	$\frac{55\,1/4 \quad 61}{100}$	$\frac{51\,3/4 \quad 52}{100}$	$\frac{42 \quad 45}{100}$	$\frac{34\,1/4 \quad 37}{100}$	$\frac{25 \quad 28\,1/4}{100}$	$\frac{17\,1/2 \quad 21}{100}$	$\frac{11\,1/2 \quad 16,5}{100}$	$\frac{7 \quad 9}{100}$
Moyenne.	$\frac{76\,1/4}{100}$	$\frac{67\,1/2}{100}$	$\frac{62\,3/4}{100}$	$\frac{58}{100}$	$\frac{51\,7/8}{100}$	$\frac{43\,1/2}{100}$	$\frac{35\,5/8}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{19\,1/4}{100}$	$\frac{14}{100}$	$\frac{8}{100}$
Course.	126 mm	115 mm	108	100 1/2	94	88,5	83,5	80	76 1/2	75	74

MARCHE EN ARRIÈRE

À 170 mm du [illegible] de la [illegible]	[illegible] d'attache des barres	À 170 mm du milieu de la [illegible]	[illegible] d'attache des barres	À 170 mm du milieu de la [illegible]	[illegible] d'attache des barres	À 170 mm du milieu de la [illegible]	[illegible] d'attache des barres	À 170 mm du milieu de la [illegible]	[illegible] d'attache des barres	À 170 mm du milieu de la [illegible]	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	Avance linéaire.
7 9 / 100	4½ 6¾ / 100	3 5 / 100	2 3¼ / 100	1¼ 2½ / 100	¾ 2 / 100	½ 1½ / 100	¼ 1¼ / 100	¼ 1¼ / 100	¼ 1 / 100	⅛ ½ / 100	Avance à l'admission.
8 / 100	5.6 / 100	4 / 100	2.6 / 100	1.6 / 100	1.3 / 100	1 / 100	0.75 / 100	0.75 / 100	0.6 / 100	0.3 / 100	Moyenne.
6 6	6¼ 6¼	7¼ 7	8¼ 8	10¾ 10	12¼ 12½	16¼ 14½	19½ 17½	24 20½	27½ 22¾	44½ 35½	Ouverture maximum.
6	6¼	7⅛	8⅛	10⅜	12⅜	15¼	18½	22¼	25½	40	Moyenne.
7 9 / 100	10 14 / 100	15½ 19¼ / 100	22 27 / 100	26¼ 31 / 100	31¼ 42 / 100	43½ 50 / 100	50¼ 56½ / 100	57 62½ / 100	61¼ 68¼ / 100	76 79¼ / 100	Durée de l'admission.
8 / 100	12 / 100	17⅝ / 100	24½ / 100	31⅜ / 100	36 / 100	46¾ / 100	53 / 100	59¾ / 100	64¾ / 100	78½ / 100	Moyenne.
76	76½	76¼	78¼	82⅛	87¾	95½	99	100.5	112mm	118	Course

Avance à l'échappement . . . . . 22 ° ° | Course du tiroir d'échappement . . . 133 mm | Hauteur des lumières . . . . 310 mm
Durée de l'échappement . . . . . 14 ° ° | Longueur des bielles motrices . . . 1 800 m | Recouvrement extérieur total . . . . 062 mm
Ouverture maximum des lumières d'échappement . . . . . . 29,5 mm | Course des pistons . . . . . . 650 mm | Angle d'avance . . . . 37° 36'
Diamètre des cylindres . . . . . . 440 mm

La figure 54, planche 9 donne les diagrammes 1 à 5 qui ont été obtenus.

A des vitesses même modérées, la compression remplit les espaces morts de vapeur à une pression supérieure à la pression de la vapeur dans la chaudière; pour cette cause et aussi par suite de la double introduction, la période d'admission a lieu presque sans chute de pression, ainsi que l'indiquent les diagrammes. Cependant, malgré cet avantage et celui qui résulte de la prolongation de la détente, les résultats pratiques ont été mauvais et ont montré que la compression qui est nécessaire pour amortir le choc des pièces en mouvement à la fin de leur course est tout à fait désavantageuse au point de vue du rendement économique, si elle est poussée trop loin.

Cette compression donnait d'ailleurs lieu à des difficultés de démarrage et augmentait la durée de la mise en vitesse de la machine. On a donc dû prendre des dispositions spéciales pour éviter ces inconvénients. Nous allons entrer dans quelques détails à ce sujet, car cette indication peut être de quelque utilité dans certains cas pour les machines ordinaires.

Un des moyens mis à la disposition du machiniste pour faciliter le démarrage consiste à ouvrir les purgeurs des cylindres afin d'annuler les effets en sens contraire qui peuvent résulter des compressions intérieures. On comprend facilement que ce moyen peut aussi être employé pour faciliter la mise en vitesse des machines, mais il en résulte une perte de vapeur considérable qui, jointe à la dépense qui correspond à une forte admission, fait baisser rapidement la pression, et, si d'une part on augmente la vitesse de traction, on diminue notablement, d'autre part, les moyens de soutenir la vitesse obtenue. Nous avons donc été conduits à rechercher un appareil qui permette d'annuler la compression sans déperdition de vapeur. C'est un purgeur automatique indiqué sur la planche 10, figures 75 et 77 pour l'ensemble et figures 78 et 79 pour le détail.

Pour empêcher, lorsqu'on le juge convenable, la contre-pression dans les cylindres, au moment où le piston arrive à fond de course, chaque cylindre est muni de robinets *a b (Pl. 10, fig. 75 et 77)*, qui sont eux-mêmes mis en communication entre eux au moyen d'un appareil spécial *(Fig. 78 et 79)*, permettant au moyen de clapets de mettre en communication avec l'atmosphère et alternativement chacun des côtés du cylindre séparé par les clapets.

Cet appareil spécial de purge, indiqué en coupe longitudinale *(Fig. 79)* et transversale *(Fig. 78)* comporte une boite à clapets A communiquant respectivement par les orifices B et B′ avec les robinets de purge *a* et *b* et par l'orifice C avec l'atmosphère ou mieux, dans le cas de son application aux machines locomotives, avec la cheminée *(Fig. 76)*.

La boite A est divisée en deux parties symétriques par une cloison médiane *d*.

Les fonds E E′ sont amovibles et se fixent par un vissage ; ils comportent chacun en leur centre un petit cylindre F F′ fermé par un bouchon fileté G G′ pourvu d'un prolongement intérieur.

Par les fonds F et F′, on engage la boite dans les clapets H H′ ; le

clapet H est fondu avec un axe tubulaire I qui traverse le diaphragme D et qui se termine d'un côté par une partie d'un plus petit diamètre et fileté pour recevoir l'autre clapet H fondu avec un manchon H.

Des ressorts, soit à boudin J J', soit formés de rondelles en caoutchouc K, sont logés dans l'espace annulaire laissé libre entre le prolongement des bouchons G G' et des cylindres F F'.

Ces ressorts appuient contre les extrémités du tube I, de façon à maintenir, à l'état de repos de l'appareil, les deux clapets H H' à égale distance de leurs sièges respectifs.

Voici comment fonctionne le système :

Lorsque les robinets purgeurs *a* et *b* (fig. 75 et 77), sont fermés, l'appareil reste inactif et la machine marche avec contre-pression à chaque fin de course.

Mais, si l'on ouvre les robinets *a* et *b*, la vapeur pénètre dans l'appareil par celui des orifices B B' qui se trouve en communication avec le côté du cylindre dans lequel s'effectue l'introduction, alors que l'autre orifice communique avec le côté opposé du cylindre qui est à l'échappement. La vapeur, en pénétrant par l'orifice B', par exemple, applique le clapet H contre son siège, en ouvrant, au contraire, le clapet opposé H'. Dans ces conditions, le côté du cylindre à l'échappement communique avec l'orifice C de l'appareil et aucune contre-pression ne peut s'y produire.

Lorsque la vapeur aura été renversée dans le cylindre par la distribution, c'est le clapet H qui sera appliqué contre son siège et le clapet H' qui sera ouvert, en reliant ainsi le nouveau côté du cylindre, qui est à l'échappement avec l'orifice C.

On voit, par cette description, que la compression peut être presque complètement annulée par le jeu du purgeur automatique et sans perte de vapeur. Mais il est à remarquer que le travail de compression est perdu complètement et ne vient plus atténuer les chocs de fin de course. Le purgeur automatique ne pourrait donc être employé qu'au démarrage ou à faible vitesse. Pour ne pas perdre le travail de compression, nous avons songé à l'utiliser pour le faire concourir au tirage en l'envoyant dans la cheminée, ainsi que l'indique la figure 76 de la planche 10.

Dans les machines ordinaires, l'emploi du purgeur automatique aurait l'avantage de faciliter les démarrages sans perte de vapeur et d'en augmenter la puissance, puisque la compression dans la marche à fond, qui est encore de 10 0/0, serait annulée ; mais son principal avantage serait de purger sans déperdition de vapeur, ce qui peut avoir un certain intérêt pour les trains omnibus et de banlieue, dont les arrêts sont très fréquents.

Comme disposition accessoire du type de distribution à tiroir d'échappement indépendant et à glace plane, nous devons parler ici du détendeur spécial qui a été installé pour régler à volonté la pression sur le tiroir d'échappement.

Cet appareil, qui est indiqué en place sur le dessin d'ensemble de la figure 74 de la planche 10, est représenté en détail sur les figures 58, 59 et 60 de la planche 9. Voir aussi figures 66, planche 9, et 64 planche 10.

Il comporte un cylindre I portant à sa base un renflement annu-

laire J, par lequel il est mis en communication avec la chaudière au moyen d'un tube K ; ce cylindre est fermé à ses deux extrémités par des couvercles L L', et il porte latéralement une tubulure M par laquelle il communique avec la boite du tiroir.

A l'intérieur du cylindre I est engagé un piston spécial. Celui-ci est formé de deux parties évidées et pourvues de gorges étanches P Q. La partie P est en communication avec le cylindre I par son extrémité inférieure ouverte et par les orifices O.

Elle est munie à sa partie supérieure de cannelures angulaires de longueurs différentes N.

La partie Q est fermée à sa partie inférieure et remplace un ressort R, guidé par le prolongement d'une vis S traversant le couvercle L.

Le ressort R prend appui dans le fond du piston Q et contre un piston T, dont on règle la position par la vis S. En faisant descendre ou monter le piston T, on comprime ou on détend le ressort R à volonté.

La vapeur arrivant dans la couronne J ne peut passer dans la tubulure M que par les cannelures N. Or, comme ces cannelures sont de longueurs inégales (*Voir fig. 60* le développement), il en résulte que, plus le piston P sera descendu, plus la quantité de vapeur qui passera sera grande.

La position du piston P dépend de la résultante de deux forces contraires, à savoir : la tension variable du ressort R, d'une part, tendant à le faire descendre, et la pression constante de la vapeur, d'autre part, contre l'extrémité du piston Q, ayant pour effet de le soulever.

Plus le ressort sera bandé, moins le piston sera soulevé et plus la pression en M et dans la boite à vapeur d'échappement sera considérable.

L'appareil de détente que nous venons de décrire est appliqué aux tiroirs d'échappement pour les équilibrer.

La planche 9, figure 46, fait voir comment la vapeur passe de la boite du tiroir d'introduction à celle du tiroir d'échappement, détendue, ainsi que nous venons de le dire plus haut, pour donner l'équilibre de pression convenable audit tiroir d'échappement.

Ce détendeur permet de ne charger ledit tiroir que d'une pression suffisante pour l'appliquer sur la glace.

Pour une pression de 10 à 12 *kg* à la chaudière, celle de 3 à 3 1/2 *kg* convient dans la boite à tiroir d'échappement ; cette pression réduite est obtenue à volonté en serrant plus ou moins la vis S qui bande le ressort R donnant cette pression, qui se trouve limitée par la soupape de sûreté W.

Le détendeur qui vient d'être décrit pourrait s'appliquer utilement pour la descente des pentes avec la marche à régulateur fermé, où il pourrait servir à envoyer dans le cylindre de la vapeur morte et humide, pour lubrifier les surfaces de frottement et éviter tout grippage (*fig. 75, pl. 10*).

EXAMEN DU DEUXIÈME TYPE (*Pl. 9, fig. 47 à 53 et fig. 56*).

Les différences qui existent avec le type précédent sont les suivantes

1° Les tiroirs d'échappement sont cylindriques;

2° Les cylindres sont d'un diamètre plus grand.

Cet essai avait pour but de permettre l'emploi de tiroirs d'échappement sans être obligé d'avoir recours au détendeur et d'atténuer les effets de la compression par une augmentation de puissance positive.

Les autres conditions de la distribution qui sont indiquées sur le tableau *b* sont sensiblement les mêmes que dans le cas précédent.

(b) **LOCOMOTIVE N° 76** (ANNEXE E, PL. 9, FIG. 56.)

Distribution à échappement fixe (1re disposition essayée). — Tiroir d'admission plan, tiroir d'échappement cylindrique. Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	A 160 mm du milieu de la coulisse 11	Sur les points d'attache des barres 10	A 160 mm du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 8	A 160 mm du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 6	A 160 mm du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 4	A 160 mm du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 2	A 160 mm du milieu de la coulisse 1
Avance linéaire. . . .	6 mm 6 mm	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6
Avance à l'admission. .	1/8 1/2 / 100	1/4 3/8 / 100	1/4 1 / 100	1/2 1 1/8 / 100	1/2 1 1/8 / 100	3 1/8 2 / 100	1 1/8 2 / 100	1 3/8 3 / 100	2 3/8 4 / 100	4 1/4 6 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	0,3 / 100	0,5 / 100	0,6 / 100	0,8 / 100	0,8 / 100	1,3 / 100	1,6 / 100	2,3 / 100	3,3 / 100	5 / 100	8 / 100
Ouverture maximum. .	39 1/2 34 1/2	28 1/2 24 1/2	25 21	20 1/2 18	17 1/4 15	14 12 1/2	11 10 1/2	9 9	7 1/4 7 1/4	6 1/2 6 1/2	6 6
Moyenne.	37 mm	26,5	23	19 3/4	16	13 1/4	10 3/4	9	7 1/4	6 1/2	6
Durée de l'admission. .	74 78 1/2 / 100	64 1/2 70 1/2 / 100	60 65 1/2 / 100	55 1/4 61 / 100	51 3/4 52 / 100	42 35 / 100	34 1/4 37 / 100	26 28 1/4 / 100	17 1/2 21 / 100	11 3/4 16,5 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	76 1/4 / 100	67 1/2 / 100	62 3/4 / 100	58 / 100	51 7/8 / 100	43 1/2 / 100	35 3/4 / 100	27 / 100	19 1/4 / 100	14 / 100	8 / 100
Course.	136 mm	115 mm	108	100 1/2	94	88,5	83,5	80	76 1/2	73	74

MARCHE EN ARRIÈRE

A 100 mm du milieu de la coulisse	Correspondante à l'attache des barres	A 100 mm du milieu de la coulisse	Correspondante à l'attache des barres	A 100 mm du milieu de la coulisse	Correspondante à l'attache des barres	A 100 mm du milieu de la coulisse	Correspondante à l'attache des barres	A 100 mm du milieu de la coulisse	Correspondante à l'attache des barres	A 100 mm du milieu de la coulisse	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	Avance linéaire.
7 9 / 100	6½ 6¾ / 100	3 5 / 100	2 2¼ / 100	1¼ 2½ / 100	1¼ 2 / 100	½ 1½ / 100	¼ 1¼ / 100	¼ 1¼ / 100	¼ 1 / 100	¼ ½ / 100	Avance à l'admission.
8 / 100	5.6 / 100	4 / 100	2.6 / 100	1.8 / 100	1.1 / 100	1 / 100	0.75 / 100	0.75 / 100	0.6 / 100	0.3 / 100	Moyenne.
6 6	6¼ 6¼	7¼ 7	8½ 8	10½ 10	12¼ 12½	16¼ 14½	19½ 17½	26 20½	27½ 23¼	44½ 20½	Ouverture maximum.
6	6¼	7½	8¾	10¼	12¾	15¼	18½	22¼	25½	40	Moyenne.
7 9 / 100	10 14 / 100	15½ 19¼ / 100	22 27 / 100	29¼ 34 / 100	38¼ 42 / 100	43½ 50 / 100	60¼ 56½ / 100	57 68¼ / 100	61¼ 68¼ / 100	76 78¼ / 100	Durée de l'admission.
8 / 100	12 / 100	17¼ / 100	24½ / 100	31¾ / 100	39 / 100	46¾ / 100	53 / 100	[illegible] / 100	64½ / 100	78¼ / 100	Moyenne.
74	76½	78¼	79¼	82⅝	87¼	93½	99	105.5	112m,0	115m,0	Course.

Avance à l'échappement	20 0/0	Longueur des bielles motrices	1,980m	Hauteur des lumières	340 mm
Durée à l'échappement	40 0/0	Course des pistons	650 mm	Recouvrement extérieur total	58 mm
Ouverture maximum des lumières d'échappement	37 mm	Diamètre des cylindres	480 mm	Angle d'avance	37° 36'

Malgré l'amélioration obtenue, la compression a encore été trop fort et les résultats pratiques n'ont pas été économiques.

Les diagrammes 6 à 11 sont représentés sur la planche 9, figure 54.

En résumé, ces premières expériences ont démontré, ainsi que cel[a] est expliqué dans ce mémoire, que les fortes compressions sont incompatibles avec la marche des locomotives à grande vitesse et durent êtr[e] abandonnées, mais il en ressort également que, pour les machines [à] condensation, le dispositif avec commande du tiroir d'échappement pa[r] la crosse du piston doit être recommandé, puisqu'il aurait pour effet d[e] produire une compression de 5 à 6 *kg* dans les espaces nuisibles, compression qui serait utile pour amortir le choc des pièces de mouvemen[t] et remplir les espaces nuisibles.

Les diagrammes de la planche 9 indiquent les courbes de compression qu'on obtiendrait pour une machine à condensation *(tracé - - - pour la machine 67) (tracé . . . . pour la machine 76)* (1).

L'application des dispositions que nous venons de décrire ayant l'inconvénient d'exiger le remplacement des cylindres, nous avions étudié le moyen d'obtenir les mêmes résultats en conservant les cylindres. Il consiste à ajouter sur la tubulure d'échappement un obturateur à tiroir ou à papillon *(Pl. 10, fig. 80 et 81)* permettant de prolonger la période de détente et de ne laisser à celle de l'échappement que la durée strictement nécessaire pour le départ de la vapeur.

On peut obtenir ainsi une partie des avantages indiqués précédemment.

Cette application n'a pas été essayée; pas plus que les précédentes, elle ne donnerait aucun résultat avantageux pour les locomotives à grande vitesse, mais il est probable que pour les locomotives à faible vitesse, elle serait économique.

L'essai en serait facile et peu coûteux.

Les considérations qui précèdent montrent comment nous avons été conduits à chercher une disposition permettant de réaliser les avantages du système en produisant le moins de compression possible.

Nous allons indiquer brièvement par quelles séries d'études et d'essais nous avons dû passer avant d'arriver à la disposition définitive qui est en cours d'application.

La solution du problème consiste à trouver un dispositif ne présentant

(1) *Notes explicatives.*

La machine n° 67 a les deux tiroirs d'admission et d'échappement du type-plan à coquille, celui d'admission étant en partie équilibré par une admission de vapeur centrale, celui d'échappement étant appliqué sur la table par une pression constante de 3 à 4 *kg*, obtenus au moyen d'un détendeur.

La machine n° 76 a le tiroir d'admission du type-plan à coquille équilibré comme ci-dessus et deux tiroirs d'échappement cylindriques à mouvement tournant alternatif.

Dans ces deux machines, les tiroirs d'échappement sont commandés par la crosse du piston; l'échappement de vapeur dans l'atmosphère est réglé pour commencer à 80 0/0 de la course du piston à l'aller, et au retour, la compression commence à 20 0/0 de la course; cela donne lieu aux courbes de compression indiquées sur les diagrammes en traits pleins. S'il s'agissait de machines à condensation, les courbes de compression avec une pression au condenseur de 0,15 seraient suivant le tracé pointillé, en supposant l'espace nuisible de 3 à 4 0/0. Si on règle l'échappement de manière à ce qu'il commence à 12 0/0 de la fin de course, la course de compression devient celle qui est indiquée par le tracé en éléments.

... as d'inconvénient dans les diverses conditions de la marche et permettant de rendre indépendants l'un de l'autre l'échappement anticipé et la compression qui, dans les dispositions qui précèdent, ont nécessairement la même durée puisqu'ils correspondent à la même bande du tiroir et que ce dernier a un mouvement symétrique inverse.

Nous avons d'abord pensé à un excentrique conduisant le tiroir d'échappement, et dont le calage correspondait aux conditions d'échappement et de compression convenables. En cas de marche arrière, l'excentrique étant à décalage automatique, il n'y avait pas de difficulté sous ce rapport, mais en cas de marche à contre-vapeur, le sens du mouvement du tiroir d'échappement restant en avant, le fonctionnement devenait impossible. Nous avons dû y renoncer pour cette cause.

Nous avons alors pensé à une deuxième coulisse accolée à la première et conduisant le tiroir d'échappement. Cette combinaison a été étudiée en détail et est représentée sur la planche 10, figures 61 à 69. Le relevage de la bielle qui commande le tiroir d'échappement se fait automatiquement par un piston fonctionnant dans un cylindre, et dont le mouvement est obtenu par le jeu d'un petit tiroir actionné par le changement de marche.

Les figures 61 à 69 indiquent suffisamment les détails de cette étude sans qu'il soit besoin de la décrire plus longuement. Nous avons dû l'abandonner parce qu'elle était un peu compliquée, tout en étant d'une application pratique et permettant d'obtenir toutes les variations possibles entre l'échappement et la compression. Mais la locomotive est déjà aujourd'hui une machine si complexe, qu'il est désirable de ne pas augmenter encore notablement le nombre de ses organes.

Nous avons donc dû continuer nos recherches dans une autre voie et voici le dispositif auquel nous nous sommes arrêtés ; il donne d'une façon très simple la solution du problème.

Il consiste à faire jouer dans la même coulisse les deux bielles de commande des deux tiroirs d'admission et d'échappement ; ces deux bielles étant reliées entre elles par des bielles entretoises de connexion de longueur déterminée et étant déplacées en même temps par le même arbre de changement de marche.

Le croquis ci-après indique l'épure du mécanisme (*fig. 9*) :

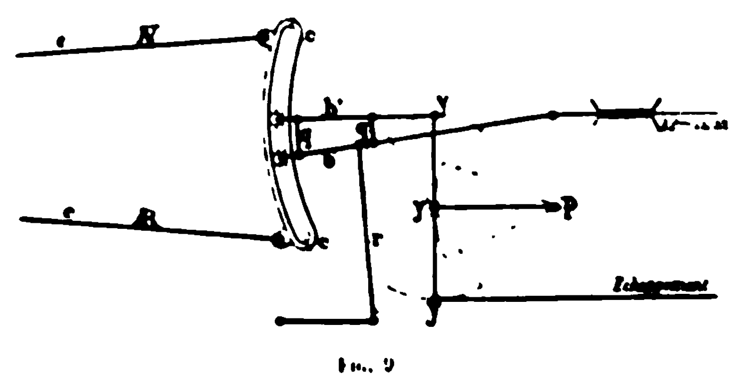


Fig. 9

[illegible] d'une coulisse C attelée aux deux barres d'excentrique e [illegible] peuvent glisser les deux bielles de commande bb' des ti[illegible]ssion et d'échappement. Ces deux bielles sont solidarisées [illegible] entretoises q' et q. Cette dernière peut être remplacée [illegible]sseau unique pour les deux bielles. r est l'appareil de rele[illegible] de la coulisse.

[illegible] dans ces conditions, le tiroir d'admission est conduit [illegible] à la manière ordinaire et le tiroir d'échappement peut [illegible] la position relative de sa bielle de commande, des phases de [illegible] et d'échappement correspondantes à la position que le cou[illegible] occupe dans la coulisse.

Les [illegible] machines 67 et 76 qui avaient les dispositions décrites ci-[illegible] transformées : — la machine 67, suivant les indica[illegible] planche 10, figures 70 à 74 ; la machine 76 d'après le dessin [illegible] 10, figures 82 à 88.

Le [illegible] de la machine 67 comporte un balancier, type Evans, [illegible] machine 76 un renvoi de mouvement par leviers d'équerre. Ces [illegible] fonctionnent dans de bonnes conditions depuis un [illegible] appliquées.

Le [illegible] C contient le tableau des diverses phases de la distribution [illegible] 67, avec tiroir d'échappement plan. *(Pl. 9, fig. 57.)*

Au [illegible] l'échappement anticipé commence à 25 0/0 du fin de [illegible] la compression commence environ à 30 0/0 de la [illegible].

La [illegible] par rapport aux machines ordinaires, prolongée [illegible] 25 0/0 [illegible] de 20 0/0. Ces deux conditions [illegible] maintiennent pour tous les trains de [illegible] au démarrage, la compression n'est plus [illegible] dans les machines ordinaires elle est de 10 0/0 [illegible] donc facilités.

Les [illegible] 1 à [illegible] 107, planche 10, sont, comme on le voit, [illegible] *Pl. 10, fig. 107* indique un travail supé[illegible] 12 [illegible] de vapeur, à celui des machines [illegible] n'ont pas été disposés pour le [illegible] pour le mécanisme à [illegible] ils ont des espaces nuisibles trop [illegible] par suite de l'insuffisance de [illegible] qui absorbe, et au delà, [illegible] eu égard aux meilleures [illegible]. De nouveaux cylindres sont en [illegible] loin après avoir dit quelques [illegible] 76. *Pl. 10, fig. 82 à 88)* (1).

[illegible] *fig. 105 et tableau d,* [illegible] de 34 0/0 et pour la com[illegible] 7 à 12 *(Pl. 10, fig. 107)* montrent,

(1) [illegible] 1890, cette transformation est faite pour la ma[illegible]

[illegible] ceux du 67, que l'espace nuisible est trop grand ; les orifices d'é-[illegible]gement trop faibles aussi à grande vitesse. Malgré ces imperfections [illegible] auxquelles il n'est possible de remédier que par la confec-[illegible] de nouveaux appareils, cette machine marche dans des conditions [illegible] satisfaisantes que les autres machines, avec 6 0/0 d'économie de [illegible]. Son fonctionnement régulier depuis plus d'une année a [illegible] que les tiroirs cylindriques *genre Corliss* sont susceptibles de [illegible] à très grande vitesse, et c'est ce type de tiroirs que nous [illegible] pour les nouveaux cylindres de la machine 67.

LOCOMOTIVE N° 67

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants.
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE		76 ⅞ fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	64 ¼ sur les points d'attache des barres.	60 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	50 sur les points d'attache des barres.	40 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	35 sur les points d'attache des barres.	30 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	25 sur les points d'attache des barres.	20 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	15 sur les points d'attache des barres.	10 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	5 ¾ sur les points d'attache des barres.	
Admission	arête a	71½ 79 / 100	62½ 66 / 100	58 62 / 100	49 51 / 100	39 41 / 100	34 36 / 100	29½ 30½ / 100	24½ 25½ / 100	19½ 20½ / 100	14½ 15½ / 100	9 11 / 100	5¼ 6¼ / 100	
	arête b	73¾ 78½ / 100	61½ 65 / 100	57 61¼ / 100	47½ 50 / 100	37¾ 39 / 100	32 33¼ / 100	27¼ 29 / 100	22½ 23 / 100	18¼ 17¾ / 100	13 13½ / 100	7¼ 8½ / 100	3¾ 4¾ / 100	
Avance linéaire	arête a	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	
	arête b	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	
Ouverture maximum des tiroirs d'admission.	arête a	38½ 34½	25 21½	21½ 18½	15½ 13½	12 10½	10¼ 9	8¼ 8	7¼ 6¾	6¼ 5¾	5¼ 5	4½ 4½	4 4	Point mort.
	arête b	37½ 33½	24 20½	20½ 17½	14½ 12½	11 9½	9¼ 8	7¼ 7	6¼ 5¾	5¼ 4¾	4¼ 4	3½ 3½	3 3	
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission.	arête a	36½	23¼	20	14½	11¼	9⅛	8⅛	7	6	5⅛	4½	4	
	arête b	35½	22¼	19	13½	10¼	8⅝	7⅛	6	5	4⅛	3½	3	
Course des tiroirs d'admission.		139	112½	106	95	88½	85¼	82¼	80	78	76¼	75	74	
Commencement de l'échappement.		7¼ 1¾ / 100	9½ 3¾ / 100	10½ 4½ / 100	12 6 / 100	13 8 / 100	14 9¼ / 100	15 10½ / 100	16 12 / 100	17½ 14½ / 100	18½ 17 / 100	21 20½ / 100	23½ 28½ / 100	
Moyenne.		4½ / 100	6⅛ / 100	7½ / 100	9 / 100	10½ / 100	11¾ / 100	12¾ / 100	14 / 100	16 / 100	17¾ / 100	20¾ / 100	25 / 100	
Commencement de la compression.		2½ 9 / 100	6¾ 11½ / 100	5½ 12½ / 100	8 14 / 100	10 15¾ / 100	12 17 / 100	13¾ 18½ / 100	15½ 20 / 100	17½ 21 / 100	20 23 / 100	25 25 / 100	31½ 28 / 100	
Moyenne.		5¾ / 100	8⅝ / 100	9 / 100	11 / 100	12⅞ / 100	14½ / 100	15⅞ / 100	17¾ / 100	19¼ / 100	21½ / 100	25 / 100	29¾ / 100	
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement		56 49½	65½ 41	63 39	36½ 38	35 29½	33½ 32	32 31½	30 30	29½ 29½	27¼ 28¼	25 27¼	25 26½	
Moyenne.		58¾	53¼	61	37¼	31¼	32¾	31¾	30	29	27¾	26¼	25¾	
Course des tiroirs d'échappement		109½	80½	85	77½	71½	64½	60½	63	61	56½	55¼	53½	
[illegible]		15	12	11	9	7½	7	6½	6	6	5	5	4	

MARCHE EN ARRIÈRE

5½	10	15	20	25	30	35	40	50	60	60½	75	ADMISSION MOYENNE
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête a } Admission
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête b }
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	arête a } Avance linéaire.
3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	arête b }
6 6	[illegible]	[illegible]	[illegible] 6	[illegible]	[illegible]	[illegible] 10	[illegible]	[illegible] 15	[illegible] 20	[illegible] 21	[illegible] 31	arête a } Ouverture maximum
3 3	[illegible]	[illegible] 6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] 16	[illegible] 19	26 [illegible]	[illegible] 22	arête b } des tiroirs d'admission
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	23	[illegible]	arête a } Moyenne.
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	22	[illegible]	arête b }
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	112	[illegible]	Course des tiroirs d'admission
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Commencement de l'échappement
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Moyenne
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Commencement de la compression
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Moyenne
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Ouverture maximum des tiroirs d'échappement
[illegible]	[illegible]	23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Moyenne.
[illegible]	[illegible]	69	[illegible]	[illegible]	[illegible]	69	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Course des tiroirs d'échappement
4	2½	2	2	2	2	2	4	6	10	14	[illegible]	Perturbations.

Angle d'avance	37°31	Course des pistons	440 mm	Hauteur des lumières	340 mm
Longueur des bielles motrices	1,800 m	Diamètre des cylindres	500 mm	Recouvrement extérieur total { arête b. / arête a.	66 mm / 60 mm

(d) LOCOMOTIVE N° 76 (Annexe E, Pl. 10, Fig. 105.)

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants.
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE		64 1/4 sur les points d'attache des barres.	60 sur les points d'attache des barres.	50 sur les points d'attache des barres.	45 sur les points d'attache des barres.	40 sur les points d'attache des barres.	35 sur les points d'attache des barres.	30 sur les points d'attache des barres.	25 sur les points d'attache des barres.	20 sur les points d'attache des barres.	15 sur les points d'attache des barres.	10 sur les points d'attache des barres.	7 sur les points d'attache des barres.	
Admission	arête a	62,5 66 / 100	58½ 61½ / 100	49 51 / 100	44½ 45½ / 100	39½ 40½ / 100	34½ 35½ / 100	30¼ 29¾ / 100	25½ 24½ / 100	20½ 19½ / 100	15 15 / 100	10 10 / 100	7 7 / 100	Point mort.
	arête b	61½ 65 / 100	57½ 60½ / 100	48 50 / 100	43 44½ / 100	38½ 39½ / 100	33½ 34 / 100	28¼ 28 / 100	23½ 23 / 100	18½ 18 / 100	13½ 13 / 100	9 9 / 100	5½ 5½ / 100	
Avance linéaire	arête a	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	
	arête b	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	
Ouverture maximun des tiroirs d'admission	arête a	25½ 22	23 19½	17 14½	15 13	13 11	11 9½	9 8	8½ 7½	7½ 6½	6½ 6	5½ 5½	5 5	
	arête b	24½ 21	22 18½	16 13½	14 12	12 10	10 8½	8 7	7½ 6½	6½ 5½	5½ 5	4½ 4½	4 4	
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission	arête a	23⅔	21⅓	15⅔	14	12	10¼	8½	8	7	6¼	5½	5	
	arête b	22⅓	20⅓	14⅓	13	11	9¼	7½	7	6	5¼	4½	4	
Course des tiroirs d'admission.		111½	106⅓	95½	92	88	84½	81	80	78	76½	75	74	
Commencement de l'échappement		12 7½ / 100	13 8 / 100	14⅔ 9⅔ / 100	16⅓ 11 / 100	17⅔ 12½ / 100	19¼ 14 / 100	21 15½ / 100	23 18 / 100	25 20 / 100	28½ 22½ / 100	32 27 / 100	36½ 31 / 100	
Moyenne.		9¾ / 100	10½ / 100	12¼ / 100	13⅝ / 100	15⅛ / 100	16⅝ / 100	18¼ / 100	20½ / 100	22½ / 100	25½ / 100	29½ / 100	33¾ / 100	
Commencement de la compression.		5⅔ 10 / 100	6 10⅓ / 100	7⅔ 12⅔ / 100	8⅓ 13½ / 100	10 14⅔ / 100	11½ 16 / 100	12½ 17¼ / 100	14½ 18¼ / 100	16 21 / 100	19 23 / 100	22 27 / 100	26 31⅔ / 100	
Moyenne.		7⅞ / 100	8⅛ / 100	10 / 100	11⅛ / 100	12⅞ / 100	13¾ / 100	14⅞ / 100	16¾ / 100	18½ / 100	21 / 100	24½ / 100	28⅞ / 100	
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement		56 54½	53 54½	47 48½	43½ 46	42 44	40 42	38 40	36 38	31 37	34½ 35	32½ 33½	31½ 33	
Moyenne		54¾	53¾	47¾	44¾	43	41	39	37¼	36½	34¾	33	31¾	
Perturbation		11	6	0	8½	8	8	8	7	6½	6	5	4	

MARCHE EN ARRIÈRE

7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	[illegible]	ADMISSION MOYENNE
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête a — A[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête b
5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	[illegible]	[illegible] 5	5 5	arête a — Avance linéaire
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	arête b
5 5	[illegible]	[illegible] 6	[illegible] 7	9 8	10 9	12 [illegible]	[illegible] 12	16 16	[illegible] 16	[illegible] 21	[illegible]	arête a — [illegible]
6 6	[illegible]	[illegible]	[illegible] 6	8 7	9 8	11 [illegible]	[illegible] 11	15 13	[illegible] 15	[illegible] 20	[illegible]	arête b
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête a — [illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16	[illegible]	[illegible]	[illegible]	arête b
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	3	3	2	2	2	[illegible]	1	4	5	9	12	[illegible]

Angle d'avance 17° 31' — Longueur des bielles motrices 1 500 m — Course des pistons 650 mm

Diamètre des cylindres [illegible] mm — Hauteur des lumières [illegible] mm

Recouvrement extérieur total: arête a 64 mm; arête b 66 mm

Il est à remarquer que la disposition des commandes séparées des deux tiroirs par une seule coulisse ne peut donner pour la marche en arrière les mêmes phases de distribution que pour la marche en avant. Au point de vue économique, la marche en arrière est évidemment sacrifiée, mais cela ne présente aucun inconvénient pour les machines du service courant des trains qui ne marchent en arrière que dans les manœuvres et pour la sortie et la rentrée dans les dépôts.

Nous arrivons à décrire la dernière disposition que nous avons adoptée et qui vient être appliquée à la machine 67.

La planche 10, figures 89 à 98, représente l'ensemble du mécanisme, et les figures 95 à 98 les détails des fonds de cylindre avec coupes des tiroirs de distribution et d'échappement; la planche 10, figures 100 à 103, donne le dessus du piston à double segment étanche et à rainures que nous avons déjà indiqué comme évitant les fuites de vapeur.

Chaque cylindre comporte quatre distributeurs cylindriques, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. En les plaçant aux extrémités, on a pu réduire l'espace nuisible au minimum possible pour les locomotives, soit 4 0/0. Les tiroirs d'admission sont à double introduction et ceux d'échappement sont à double lumière d'échappement.

Résumons les avantages sur lesquels on peut compter par suite de cette nouvelle combinaison.

1° Au point de vue du refroidissement de la vapeur avant son entrée dans le cylindre, les conditions sont meilleures que dans les machines ordinaires puisqu'ici la boîte à vapeur et les tiroirs ne sont pas refroidis par le passage de la vapeur d'échappement qui n'a que 110° environ, celle de la boîte à vapeur étant de 180°. Il y a, de ce fait, dans les cylindres ordinaires à un seul tiroir une condensation qui n'existera pas dans les cylindres à quatre distributeurs distincts.

2° Au point de vue de la chute de pression à l'introduction, on peut admettre que cette perte sera évitée en partie puisque la vapeur afflue par une section presque doublée.

3° Au point de vue de l'utilisation du travail de la vapeur dans le cylindre, l'espace nuisible diminué, la durée de la compression amoindrie et la prolongation de la détente sont autant d'éléments favorables à l'emploi de la nouvelle disposition.

4° Au point de vue de l'emploi de la contre-vapeur, le travail résistant est augmenté puisque la quantité de vapeur qui remplit les espaces neutres est diminuée ainsi que l'échappement anticipé.

Le travail positif à marche renversée est donc moindre. Or, on sait que l'emploi de la contre-vapeur est critiqué par un certain nombre d'ingénieurs, parce que son action est relativement faible et ne correspond pas à beaucoup près à la totalité du poids adhérent. Aussi voit-on sur un grand nombre de machines le frein préféré à la contre-vapeur dont l'usage est cependant d'une grande commodité. Il y a donc un grand intérêt à en augmenter la puissance.

5° Au point de vue des frottements et de l'usure des pièces, voici comment la question peut être discutée en attendant que l'expérience ait prononcé. La nouvelle disposition comporte, il est vrai, quatre tiroirs au lieu d'un, mais les tiroirs cylindriques d'admission sont presque

., ulibres et ceux d'échappement sont très peu chargés. Les tiroirs d'ad-
..ssion (*Pl. 10, fig. 94 à 98*) ont une surface totale à peu près égale
. elle d'un tiroir ordinaire, mais, par suite de l'encoche disposée pour
. double admission, ils ne supportent de pression que sur 1/3 environ
.. .eur surface ; on peut donc admettre qu'ils ne prendront pas plus que
.. les 2/3 de l'effort nécessaire pour la manœuvre d'un tiroir ordinaire.
.. ant aux tiroirs d'échappement, ils sont maintenus étanches par la pres-
. n intérieure du cylindre, qui est en moyenne 1/4 de la pression totale
. la vapeur à pleine pression. Les quatre distributeurs doivent donc ab-
.. ber un peu moins de frottement qu'un tiroir ordinaire. Le nombre
. articulations est augmenté, il n'en peut être autrement, mais nous
.. nsons pas que cette petite complication soit comparable à celles qui
.. saltent des dispositions compound et autres qui ont été jusqu'à
.. sent essayées dans le but de mieux utiliser le travail de la vapeur.

Nous donnons le relevé (*e*) de la distribution de la machine à quatre
.stributeurs indépendants (*Pl. 10, fig. 106*), et (*Pl. 10, fig. 104*), le
.. .vé (*f*) de la distribution actuelle des locomotives du même type à
.. oir ordinaire.

LOCOMOTIVE N° 67

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants (dernière disposition adoptée).
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE	Attache des barres 70 1/2	Attache des barres 60	Attache des barres 50	Attache des barres 45	Attache des barres 40	Attache des barres 35	Attache des barres 30	Attache des barres 25	Attache des barres 20	Attache des barres 15	Attache des barres 10	P. M. 8 1/4
Admission	60½ 71½	59 61	49½ 50½	44½ 45½	39½ 40½	35 35	30 30	25 25	20 20	15 15	10 10	8½ 8⅝
Avance linéaire	5½ 4	4⅓ 4½	4½ 4¼	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	5¼ 4⅔	5 5
Ouverture maximum des tiroirs d'admission	31 28	22½ 18½	16 13½	13½ 11⅔	11½ 10½	10 9	9 8	7 6½	6¼ 6	5½ 5½	5¼ 4⅔	5 5
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission	28½	20½	14⅔	17⅝	11	9½	8½	6⅓	6½	5½	5	5
Commencement de l'échappement. .	8⅝ 5⅝	9⅓ 7	12 9	13 10	14 10½	15 12½	17 14½	18 16	20 17¼	23 20⅓	26 25	29 28½
Moyenne.	6½	8⅜	10½	11½	12¼	13⅓	15⅔	17	18⅝	21⅞	25½	28⅔
Commencement de la compression.	5⅝ 8⅝	7 9⅔	9 12	10 13	10½ 14	12½ 15	14½ 17	16 18	17¼ 20	20⅓ 23	25 26	28½ 29
Moyenne.	6½	8⅓	10½	11½	12¼	13⅔	15⅔	17	18⅝	21⅞	25½	28⅔
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement la manivelle horizontale	41½ 38½	41 40	40½ 40	40½ 40	40¼ 40	40½ 40	40½ 40	40 40½	40 40½	40 40½	40 41	40 41
Moyenne.	40	40½	40¼	40¼	40⅛	40¼	40¼	40¼	40¼	40¼	40½	40½

MARCHE EN ARRIÈRE

P. M. 0	Attache des barres 10	Attache des barres 15	Attache des barres 20	Attache des barres 25	Attache des barres 30	Attache des barres 35	Attache des barres 40	Attache des barres 45	Attache des barres 50	Attache des barres 60	Attache des barres 71 1/4	ADMISSION MOYENNE
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] de l'échappement.
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] de la compression
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Angle d'avance . . . [illegible] | Diamètres des cylindres . . . [illegible] mm | Recouvrement extérieur total du tiroir
Longueur des bielles motrices . . . [illegible] m | Hauteur des lumières d'admission . . . [illegible] mm | d'admission . . . [illegible] mm
Course des pistons . . . [illegible] mm | Hauteur des lumières d'échappement . . . [illegible] mm

LOCOMOTIVES A QUATRE ROUES ACCOUPLÉES N[os] 51 A 76

ANNEXE F. PL. 10, FIG 104.)

Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Avance linéaire	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	5¾ 5¾	Point mort.
Ouverture maximum	30½ 27½	25 22½	18½ 16	13½ 12	11½ 10¾	9¼ 9½	9 8¾	7¾ 8	7 7	5¾ 5¾	
Moyenne	29	23¾	17¼	12¾	11⅛	9⅜	8⅞	7⅜	7	5¾	
Durée de l'admission	$\frac{71\quad 76}{100}$	$\frac{65\quad 69}{100}$	$\frac{55\quad 57}{100}$	$\frac{45\quad 44}{100}$	$\frac{40\quad 39}{100}$	$\frac{35\quad 35}{100}$	$\frac{30\quad 29}{100}$	$\frac{25\quad 25}{100}$	$\frac{20\quad 20}{100}$	$\frac{9\quad 9}{100}$	
Moyenne	$\frac{73½}{100}$	$\frac{67}{100}$	$\frac{56}{100}$	$\frac{44½}{100}$	$\frac{39½}{100}$	$\frac{35}{100}$	$\frac{29½}{100}$	$\frac{25}{100}$	$\frac{20}{100}$	$\frac{9}{100}$	
Commencement de la compression	$\frac{8\quad 10}{100}$	$\frac{10\quad 12}{100}$	$\frac{15\quad 18}{100}$	$\frac{19\quad 20}{100}$	$\frac{22\quad 25}{100}$	$\frac{24\quad 28}{100}$	$\frac{28\quad 31}{100}$	$\frac{30\quad 34}{100}$	$\frac{34\quad 38}{100}$	$\frac{47\quad 50}{100}$	
Moyenne	$\frac{9}{100}$	$\frac{11}{100}$	$\frac{16½}{100}$	$\frac{19½}{100}$	$\frac{23½}{100}$	$\frac{26}{100}$	$\frac{29½}{100}$	$\frac{32}{100}$	$\frac{36}{100}$	$\frac{48½}{100}$	
Commencement de l'échappement	$\frac{9\quad 7}{100}$	$\frac{11\quad 9}{100}$	$\frac{17\quad 14}{100}$	$\frac{19\quad 18}{100}$	$\frac{24\quad 21}{100}$	$\frac{27\quad 23}{100}$	$\frac{30\quad 27}{100}$	$\frac{33\quad 29}{100}$	$\frac{37\quad 33}{100}$	$\frac{49\quad 46}{100}$	
Moyenne	$\frac{8}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{15½}{100}$	$\frac{18½}{100}$	$\frac{22½}{100}$	$\frac{25}{100}$	$\frac{28½}{100}$	$\frac{31}{100}$	$\frac{35}{100}$	$\frac{47½}{100}$	
Course	110	90	86½	77½	74¼	70¾	69¾	66¾	66	63½	
Perturbation	10	9	8	7½	7	6	5	4½	4	3	

MARCHE EN ARRIÈRE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	5½ 5½	Avance linéaire.
3¾ 5½	7¼ 6¾	8¾ 8	9 8½	11 10	12½ 11½	14½ 12½	19 15½	26 21½	23¼ 26¼	Ouverture maximum.
5½	7	8½	8¾	10½	12¾	13½	17¼	23¾	24¾	Moyenne.
$\frac{7½ \quad 10}{100}$	$\frac{20 \quad 22}{100}$	$\frac{25 \quad 28}{100}$	$\frac{30 \quad 32}{100}$	$\frac{35 \quad 39}{100}$	$\frac{60 \quad 63}{100}$	$\frac{65 \quad 68}{100}$	$\frac{55 \quad 58}{100}$	$\frac{65 \quad 69}{100}$	$\frac{70 \quad 76}{100}$	Durée de l'admission.
$\frac{8¾}{100}$	$\frac{21}{100}$	$\frac{26½}{100}$	$\frac{31}{100}$	$\frac{37½}{100}$	$\frac{61½}{100}$	$\frac{66½}{100}$	$\frac{56½}{100}$	$\frac{67}{100}$	$\frac{73}{100}$	Moyenne.
$\frac{30 \quad 34}{100}$	$\frac{25 \quad 28}{100}$	$\frac{30 \quad 34}{100}$	$\frac{29 \quad 31}{100}$	$\frac{21 \quad 25}{100}$	$\frac{21 \quad 26}{100}$	$\frac{19 \quad 21}{100}$	$\frac{15 \quad 17}{100}$	$\frac{10 \quad 13}{100}$	$\frac{9 \quad 10}{100}$	Commencement de la compression.
$\frac{31½}{100}$	$\frac{26½}{100}$	$\frac{32}{100}$	$\frac{29½}{100}$	$\frac{26½}{100}$	$\frac{23½}{100}$	$\frac{19½}{100}$	$\frac{16}{100}$	$\frac{11½}{100}$	$\frac{9½}{100}$	Moyenne.
$\frac{58 \quad 69}{100}$	$\frac{35 \quad 36}{100}$	$\frac{11 \quad 29}{100}$	$\frac{30 \quad 27}{100}$	$\frac{25 \quad 22}{100}$	$\frac{23 \quad 20}{100}$	$\frac{20 \quad 17}{100}$	$\frac{16 \quad 14}{100}$	$\frac{12 \quad 9}{100}$	$\frac{9 \quad 8}{100}$	Commencement de l'échappement.
$\frac{36¼}{100}$	$\frac{35½}{100}$	$\frac{31}{100}$	$\frac{30½}{100}$	$\frac{23½}{100}$	$\frac{21½}{100}$	$\frac{18½}{100}$	$\frac{15}{100}$	$\frac{10½}{100}$	$\frac{8½}{100}$	Moyenne.
63½	68	69¼	70½	73	76½	79	86½	99½	110½	Course.
3	1	1½	1½	2	3	4	6	10	16	Perturbation.

Longueur des bielles motrices.	1 800 m	Diamètre des cylindres	460 mm	Recouvrement extérieur total	032 mm
Course des pistons.	650 mm	Hauteur des lumières	340 mm	Recouvrement intérieur total	001 mm

Nous relevons sur ces deux tableaux les comparaisons suivantes :

1° AU POINT MORT

Distribution à tiroir ordinaire (*Pl. 10, fig. 101*).		Distribution à tiroirs indépendants (*Pl. 10, fig. 108*)
8 0/0	Espace nuisible.	4 0/0
9 0/0	Degré d'admission minimum	8 0/0
5,3/4 *mm*	Ouverture de la lumière d'introduction	10 *mm* (2 × 5)
17 0/0	Quantité totale de vapeur admise.	12 0/0
51 1/2 0/0	Fin de la détente	71 0/0
$\frac{51\ 1/2 + 8}{17}$ = 3 volumes 1/2	Expansion théorique	6 volumes 1/4 = $\frac{71 + 4}{12}$

Ainsi, au point mort, où l'on marche souvent quand les trains sont légers et le profil facile, on pourra utiliser théoriquement une détente presque double ; l'économie théorique serait, d'après les tables de Lorentz, comme 23 est à 29, soit de 26 0/0, et il y aurait encore à y ajouter l'économie de travail résultant de la compression moins longue.

2° COMPARAISON AU DEGRÉ D'ADMISSION CORRESPONDANT A LA MARCHE NORMALE, SOIT A 20 0/0 D'ADMISSION

Distribution à tiroir ordinaire.		Distribution à tiroirs indépendants.
8 0/0	Espace nuisible.	4 0/0
20 0/0	Degré d'admission	20 0/0
7 *mm*	Ouverture de la lumière d'introduction	12 1/4 *mm*
28 0/0	Quantité totale de vapeur admise.	24 0/0
64 0/0	Fin de la détente.	81 0/0
2 volumes 57	Expansion théorique	3 volumes 54.

Ainsi, en marche normale, l'économie due à l'augmentation seule de la détente est de 15 0/0 pour une expansion de 3 volumes 54 comparée à 2 volumes 57.

3° AU DÉMARRAGE A PLEINE ADMISSION

Distribution à tiroir ordinaire.		Distribution à tiroirs indépendants.
73 1/2 0/0	Fin de l'admission	70 1/2 0/0
92 0/0	Fin de la détente.	93 1/2 0/0
9 0/0	Compression	6 1/2 0/0

La détente est donc encore un peu à l'avantage de la nouvelle distribution, de même que la compression.

En outre, l'épure qui est représentée par la figure 99, planche 10, montre les conditions comparées des distributions ordinaires et de la nouvelle distribution au point de vue du passage de la vapeur, résumé

[illegible] tableau suivant, qui fait ressortir les sections de passage de la [illegible] à l'admission et à l'échappement :

TRACÉS COMPARATIFS

des sections des ouvertures d'admission et d'échappement au point mort à 20 et 30 0/0 d'admission des locomotives n° 285 à 290 de la locomotive n° 67. (Mars 18[illegible])

[illegible]

[illegible] se rapportent à la distribution des locomotives n° 285 à 290
[illegible] se rapportent à la distribution de la locomotive n° 67
Les traits pleins ———— indiquent les sections au point mort
Les traits en éléments — — — — indiquent les sections à 20 0/0 d'admission
Les traits en pointé [illegible] indiquent les sections à 30 0/0 d'admission

	LOCOMOTIVES 285 À 290			LOCOMOTIVE 67		
	[illegible]			[illegible]		
	Admission [illegible]	Échappement [illegible]		Admission [illegible]	Échappement [illegible]	
[illegible]	2 920	1	19 500	6 820	1	26 260
		1'	[illegible]		1'	36 110
		Total	[illegible]		Total	[illegible]
20 [illegible]	3 730	1	14 220	[illegible]	1	18 920
		1'	25 700		1	[illegible]
		Total	[illegible]		Total	[illegible]
30 [illegible]	5 640	1	12 120	11 110	1	16 170
		1'	30 640		1'	85 990
		Total	[illegible]		Total	102 100

[illegible] fait au moyen de modèles en bois construits [illegible] l'exécution.

[illegible]

[illegible]

est mieux utilisée que dans les locomotives à marchandises, pour lesquelles les avantages de notre nouvelle distribution seraient certainement plus saillants en pratique.

Nous attendons d'ailleurs avec confiance les résultats des essais pratiques qui sont commencés, et, dans quelque temps, nous aurons l'honneur d'en faire part à la Société des Ingénieurs civils, comme suite à cet exposé.

Enfin, qu'il nous soit permis de venir ici exprimer publiquement toute notre reconnaissance envers M. Heurteau, directeur, et M. Ernest Polonceau, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans, qui ont bien voulu autoriser et faciliter nos études et nos expériences.

APPENDICE

Comme complément à la note (annexe E) relative à la distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant, nous pouvons donner les résultats des premiers essais qui viennent d'être faits, en les empruntant au résumé de notre communication, qui a été exposé à la Société par M. Ernest Polonceau, dans la séance du 20 juin 1890 :

Le 17 courant (juin 1890), un train composé de seize voitures (160 t) a été remorqué par la machine 67 (*nouvelle distribution*) de Paris à Brétigny (31 *km*) à une vitesse de 55 *km* à l'aller et 70 *km* au retour.

La locomotive était munie de deux indicateurs Watt, système Martin Garnier; des diagrammes ont été pris sur chaque cylindre à des vitesses qui ont varié de 25 à 95 *km*.

Ces diagrammes (*Fig. 10, 11, 12 et 13*) sont déposés sur le bureau avec ceux d'une machine 75 de la même série, mais munie d'une distribution ordinaire.

Pour vous faciliter la compréhension des différences, le tracé fort se rapporte à la machine 67 et le tracé faible à la machine 75.

Nous voyons :

FIGURE 10. — *Diagrammes pris à la vitesse d'environ 50 km.* — Pression 8 1/4 *kg*, admission 8 et 9 0/0, régulateur et échappement ouverts en grand.

FIGURE 11. — *Diagrammes pris à la vitesse de 70 km.* — Admission 8 0/0, pression 10 *kg*, régulateur ouvert en grand, échappement à demi serré.

FIGURE 12. — *Diagrammes pris à une vitesse de 80 km.* — Admission 9 et 10 0/0, pression 9,6 *kg* et 10,5 *kg*, régulateur ouvert en grand pour la machine 75 et à demi serré pour la machine 67 avec échappement à demi serré également.

FIGURE 13. — *Diagrammes pris à la vitesse de 40 km.* — Admission 25 et 20 0/0, pression 9 et 9 1/2 *kg* (*).

Il est facile de se rendre compte, par la vue de ces figures, des avantages de la nouvelle distribution.

(*) Ici, les admissions sont comptées sur la course du piston et non sur le volume sur lequel se compte la détente. Dans le cas de la fig. 12, la détente est au $\frac{1}{5}$ pour la locomotive 75 et au $\frac{1}{8}$ pour la locomotive 67 à quatre distributeurs.

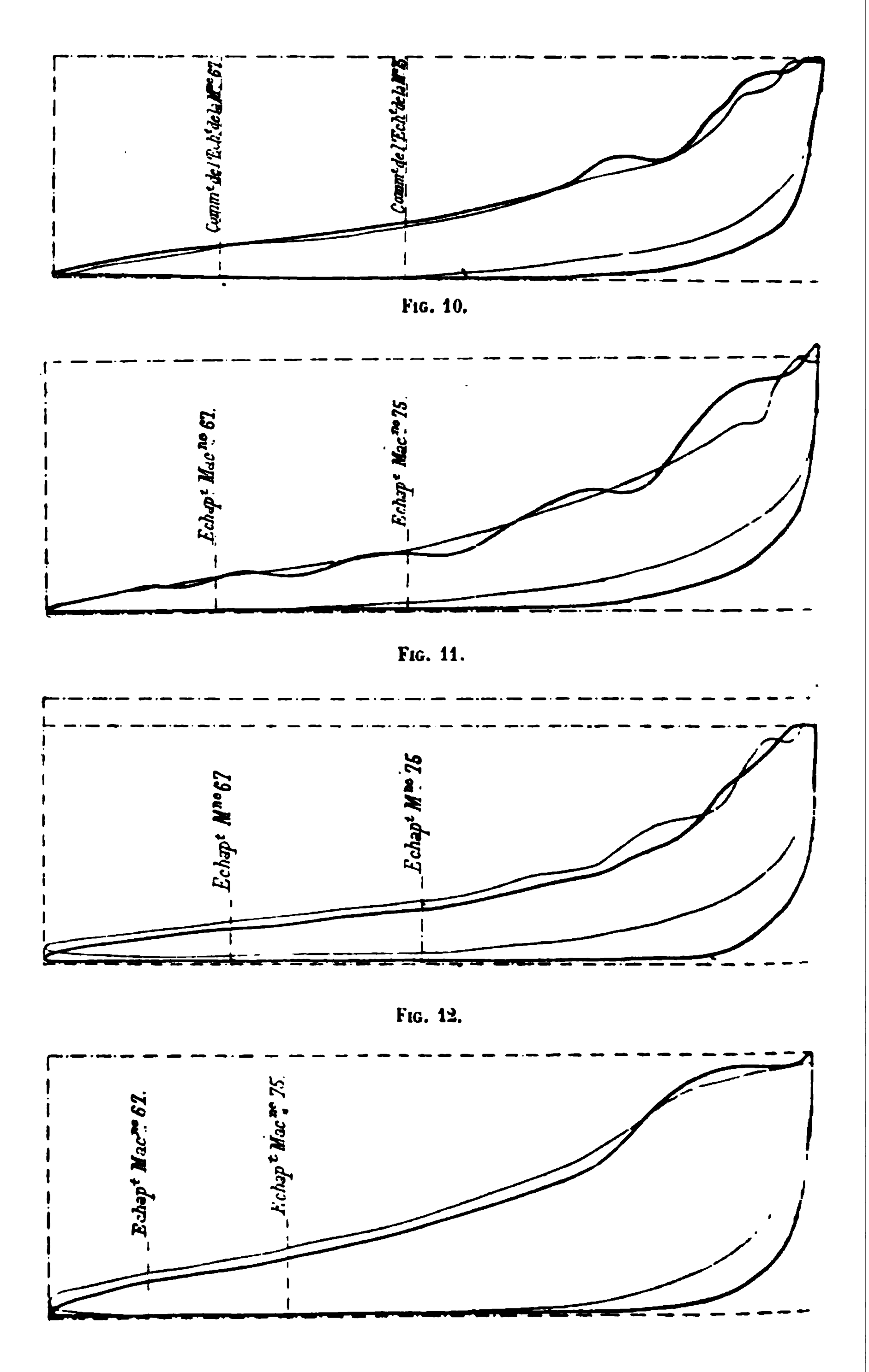


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

La différence la plus saillante entre les deux types de diagrammes est dans la forme de la courbe de compression qui renfle notablement la surface des diagrammes correspondant à la nouvelle distribution.

La courbe est plus renflée à l'admission et la contre-pression est diminuée à grande vitesse.

Si on calcule les dépenses de vapeur correspondant au travail produit en déterminant le poids de vapeur présent au cylindre au commencement de l'échappement et en déduisant le poids de vapeur qui remplit l'espace nuisible, on arrive aux résultats suivants :

NUMÉROS DES FIGURES	NOMBRE DE KILOGRAMMÈTRES PAR GRAMME DE VAPEUR DÉPENSÉE — MACHINE 67	MACHINE 75	DIFFÉRENCE	AVANTAGE POUR CENT POUR LA MACHINE 67	VITESSE EN KILOMÈTRES À L'HEURE
10	37,2	42,10	5,10	15,8	50
11	39,2	31,6	7,6	24,0	70
12	37,8	34,4	3,4	10,0	80
14	42,5	33,8	8,7	25,7	60
		Moyenne		[1] 18,9	

Plusieurs conditions ayant une influence sur la dépense de vapeur ne ressortent pas de l'analyse des diagrammes, *l'eau entraînée*, par exemple, mais il n'y a pas de raison pour qu'elle soit différente dans des conditions identiques de production de vapeur.

L'espace nuisible est réduit de moitié 4,5 0/0 au lieu de 8 à 9 0/0, une plus grande quantité de vapeur sera utilisée comme pleine pression avec la machine 67.

La diminution de la compression donnera lieu à moins de travail résistant, comme frottement des organes du mécanisme.

Malgré le plus grand nombre des tiroirs et des articulations, le travail total de frottement est moins considérable que celui des tiroirs ordinaires.

Ainsi la pression totale sur chaque tiroir tournant d'admission est :

Pression minima . . . 1 660 *kg*
— maxima. . . . 4 180

5 840 = moyenne 2 920 *kg* ; la pression totale sur chaque tiroir tournant d'échappement est en moyenne. . . 551 *kg*

[1] Malgré la pression plus faible à l'admission.

La pression moyenne pour les quatre tiroirs de la machine 67 est donc :

$$(2 \times 2\,920) + (2 \times 553\ kg) = 6\,946\ kg.$$

Pour la locomotive 75 à tiroirs ordinaires la pression minima est de . . . . 6 905 *kg*
La pression maxima est de . . . 9 010 *kg*
15 915 *kg* moyenne 7 957,5 *kg*.

Le coefficient de frottement étant supposé de 0,10, *le travail résistant* qui résulte est par tour de roues, pour les deux cylindres :

Pour la machine 75 à tiroirs ordinaires, 210 *kgm*.

Pour a machine 67 à quatre tiroirs tournants, 180 *kgm*.

TABLE DES MATIÈRES

CHRONIQUE

N° 126.

SOMMAIRE. — Ponts des chemins de fer aux États-Unis. — Eaux d'alimentation des chaudières *(suite et fin)*. — Tramways à vapeur en Italie. — Anciennes machines compound pour bateaux.

Ponts de chemins de fer aux États-Unis. — Nous avons eu fréquemment l'occasion de signaler le nombre des accidents qui arrivent en Amérique aux ponts de chemins de fer. On en a compté trente et un en 1888 et vingt-deux en 1889. En dehors des causes auxquelles on peut attribuer la fréquence de ces accidents, il est juste de faire remarquer que le nombre des ponts est excessivement considérable aux États-Unis.

M. Théodore Cooper, auteur d'un ouvrage que nous avons déjà signalé « American Railroad Bridges » a cherché à dresser une statistique des ponts et viaducs de chemins de fer aux États-Unis et l'a publiée dans les transactions de l'*American Society of Civil Engineers* de 1889. Il a eu beaucoup de peine à réunir les documents nécessaires à cet égard et nous ne devons pas nous en étonner beaucoup. Aux États-Unis beaucoup d'États n'ont pas de contrôle officiel des chemins de fer, ou, si ce contrôle existe, il est excessivement imparfait; ainsi pour les statistiques des accidents de pont, dans une grande partie des cas, par exemple onze sur trente et un en 1888. la nature du pont est déclarée inconnue, c'est-à-dire qu'on ne peut indiquer s'il était en bois ou en fer.

M. Cooper a rapporté la longueur des ponts et viaducs à la simple voie, c'est-à-dire qu'il a doublé la longueur des ponts à deux voies, d'ailleurs assez rares. Il a entièrement omis les viaducs des chemins de fer aériens. Pour la longueur des lignes, on a tout rapporté à la voie simple. Le tableau A donne la longueur absolue des voies et des ponts et le rapport de ces deux valeurs pour les principales lignes des États-Unis. On voit que ce rapport est extrêmement variable. Il va de 11 à 49,7. Ce dernier chiffre qui est exceptionnellement élevé tient à la présence d'un pont de 35 400 *m* qui franchit le lac Pontchartrain, près de la Nouvelle-Orléans. Si on laisse de côté cet ouvrage, le rapport maximum tombe à 27,3. On comprend facilement que le plus ou moins de longueur de ponts, par kilomètre de voie, tient surtout à la configuration géographique des pays traversés, mais il dépend également de la nature des chemins de fer eux-mêmes ou plutôt de la manière dont ils ont été établis. Les lignes établies économiquement font des détours pour éviter, si possible, la traversée d'un fleuve que d'autres, moins gênées pour les frais d'établissement, franchissent sans hésitation.

Les chiffres donnés dans le tableau A, lesquels se rapportent à une longueur totale de voies de 96 370 *km*, donnent une moyenne générale de 19,1 *m* de ponts par kilomètre de voie.

TABLEAU A

DÉSIGNATION DES LIGNES	Longueur de voie en kilomètres	Longueur totale des ponts en mètres	Mètres de ponts par kilomètre de voie
New York Central and Westshore	4 659	111 240	23,8
New-York, Lake Erie and Western	2 [illegible]	[illegible]	11,9
Autres lignes de l'État de New-York	5 77[illegible]	[illegible]	23,5
Lignes de Pensylvanie	7 007	102 772	14,7
Lignes de la Nouvelle Angleterre	3 540	53 893	15,2
Réseau de Wabash	2 [illegible]	[illegible]	18,5
Réseau du Missouri Pacific	7 578	171 921	22,6
Chicago, Milwaukee et Saint-Paul	9 222	187 491	20,3
Saint Louis et San Francisco	2 390	[illegible] 673	17,0
Denver et Rio Grande	2 347	31 169	13,3
Union Pacific	7 654	84 190	11,0
Louisville et Nashville	4 017	[illegible] 417	24,5
Réseau Queen et Crescent	1 834	91 262 (1)	49,7
Lignes de l'Illinois	13 748	215 [illegible]	15,7
Lignes du Michigan	6 681	76 140	11,4
Lignes de l'Iowa	12 [illegible]	310 913	27,3
Chemin de fer central de Géorgie	2 [illegible]	[illegible]	22,1
	96 370	1 841 875	19,1

(1) Y compris un pont de 35 000 m sur le lac Pontchartrain.

Si on applique ce rapport moyen à la totalité de la longueur des voies des chemins de fer des États-Unis, laquelle s'élève à 250 000 *km* en nombre rond, on trouve une longueur de ponts de 4 950 000 *m*, soit 4 950 *km*, également en nombres ronds.

L'auteur a pu se procurer la répartition par portées diverses, non de cette formidable totalité, mais tout au moins d'une partie montant à environ 42 000 *km*. Le tableau B donne cette répartition.

TABLEAU B

	Longueur totale	Pour cent
Travées de moins de 6,10 m de portée	701 [illegible] m	83,8
— 6,10 à 15,25	25 [illegible]	3,1
— 15,25 à 30,50	28 720	3,4
— 30,50 à 45,75	45 182	5,4
— 45,75 à 61,00	24 [illegible]	2,9
— 61,00 à 91,50	9 010	1,1
— 91,50 à 122,00	1 711	0,2
— 122,00 à 152,50	[illegible]	0,1
Travées de plus de 152,50	417	0,1
	837 [illegible] m	100,00

Si on applique le même procédé que ci-dessus, c'est-à-dire si on prend cette proportion pour les 4 880 *km* de ponts des chemins de fer des Etats-Unis, on trouve les résultats inscrits au tableau C.

TABLEAU C.

727 200	travées de moins de 6,10 *m*	faisant	3 901 *km*
18 150	— — 6,10 *m* à 15,25	—	195
9 100	— — 15,25 *m* à 30,50	—	209
8 000	— — 30,50 *m* à 45,75	—	306
3 300	— — 45,75 *m* à 61,00	—	176
1 150	— — de plus de 61,00	—	90
766 900	TOTAL		4 877 *km*

Ces résultats comprennent tous les ponts et viaducs tant en fer qu'en bois. Les premiers ont été l'objet de recherches particulières de M. Cooper qui peut fournir les renseignements donnés dans le tableau D sur cette catégorie spéciale d'ouvrages d'art, pour la partie à laquelle se rapporte le tableau B.

TABLEAU D.

5 100	travées de moins de 6,10 *m*	faisant	27,37
12 900	— — 6,10 *m* à 15,25	—	138,46 *km*
4 600	— — 15,25 *m* à 30,50	—	106,26
3 900	— — 30,50 *m* à 45,75	—	149,73
2 100	— — 45,75 *m* à 61,00	—	111,09
950	— au-dessus de 61,00	—	78,89
29 550	TOTAL		611,80 *km*

Voici, enfin, quelques renseignements sur les ponts à travées de plus de 61 *m* de portée, mais ils sont très incomplets au moins pour les portées inférieures à 91,50 *m*.

Ponts à travées de plus de 152,50 *m*	longueur totale	4,025 *m*
— — de 122 *m* à 152,50	—	6 279
— — 91,50 *m* à 122,00	—	8 050
— — 61,50 *m* à 91,50	—	24 150
TOTAL		42 504 *m*

Les ponts en bois et ponts de construction mixte représenteraient une longueur totale de 4 266 *km* dont la presque totalité, 3 875 *km* en travées ayant moins de 6,10 *m* de portée, mais il y a encore 11 270 *m* de travées de plus de 61 *m* de portée établies dans ce mode de construction.

Sur la longueur totale des ponts et viaducs en bois, il y a un quart qu'on peut considérer comme des ouvrages provisoires, ce sont des estacades destinées à être plus tard remplacées par des remblais; sur le reste, il y a au moins 1 300 *km* qui resteront dans leur état actuel; il y a environ 1 600 *km* d'ouvrages en bois à remplacer progressivement par des ouvrages métalliques, ces ponts et viaducs ont généralement des portées comprises entre 15,25 *m* et 61 *m*. Il y a là un champ fécond de travail

[illegible] les établissements qui s'occupent de ce genre de travaux, surtout si l'on y ajoute la part corrélative au développement futur des chemins de fer et celle qui correspond aux ponts pour routes ordinaires. Cette dernière seule représenterait une longueur énorme sur laquelle toutefois il est impossible de donner des chiffres suffisamment approximatifs.

Il est bon d'ajouter qu'à l'exception de quelques centaines de travées dont les plus longues ont 80 m environ, tous les ponts métalliques des États-Unis ayant des portées de 30,50 m, soit 7 000 travées représentant une longueur collective de 328 km appartiennent au système américain, formé de pièces réunies par des axes d'articulation.

Nous avons eu la curiosité de rechercher quelle pouvait être pour d'autres pays la proportion de la longueur des ponts à celle des voies. Nous n'avons trouvé au moins pour le moment que les statistiques des chemins de fer suisses qui permissent d'établir immédiatement ce rapport.

On trouve pour l'ensemble des chemins de fer suisses 25 546 m de ponts d'une ouverture supérieure à deux mètres, c'est-à-dire non compris les ponceaux, pour 2.8[illegible]3 km de voies principales, y compris les doubles voies, mais non les voies de service, garages, etc., ce qui donne 9,30 m de pont par kilomètre de voie, c'est-à-dire la moitié environ du chiffre obtenu pour les États-Unis, qui est de 19,10 m.

Voici la répartition entre les lignes principales.

LIGNES	Longueur totale en kilomètres	Longueur de ponts en mètres	Mètres de ponts par kilomètre de voie
Central	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Gothard	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Jura-Berne-Lucerne	321,4	3 124	[illegible]
Nord-Est	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Suisse occidentale	[illegible]	[illegible]	7,65
Union suisse	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Le faible rapport constaté pour les chemins de fer suisses s'explique par l'absence de grands fleuves, mais cette absence est compensée en pays de montagnes par le grand nombre de viaducs, comme on le voit par le chiffre très élevé de la ligne du Gothard, lequel se rapproche beaucoup des rapports les plus considérables trouvés pour les chemins de fer américains et donnés dans le tableau A.

Il y a eu aux États-Unis six chutes de ponts métalliques en 1888 et [illegible] 1889. Ces chiffres seraient encore considérables, mais il est juste de dire que la presque totalité de ces accidents a été amenée par des causes secondaires, généralement des déraillements qui ont provoqué la rupture de tout ou partie des poutres, conséquence à peu près inévitable avec ce mode de construction où la rupture d'une pièce principale entraîne presque fatalement la ruine complète de l'ouvrage. Quelques-

unes de ces causes font positivement rêver, par exemple la démolition d'un pont causée par le passage d'un chasse-neige trop large ! Ces faits semblent confirmer le dire, rapporté dans la chronique de Juillet 1889, page 99, des ingénieurs américains que l'exploitation a plus de responsabilité que la construction dans les accidents qui arrivent aux ponts des chemins de fer des États-Unis.

Eaux d'alimentation des chaudières *(fin)*. — Quelques procédés d'épuration préalable, basés sur la méthode de Clarke plus ou moins perfectionnée, et dans lesquels on emploie des réactifs susceptibles de précipiter également le carbonate et le sulfate de chaux, ont donné de bons résultats. On emploie avantageusement des réchauffeurs d'eau d'alimentation, lorsque les sels contenus dans l'eau peuvent être précipités par la simple élévation de la température ; il faut avoir soin, dans ce cas, si on opère le réchauffage par la vapeur d'échappement, de ne point mettre celle-ci en contact direct avec l'eau (à cause des matières grasses provenant des cylindres). Lorsque l'eau contient des matières minérales ou organiques en suspension, une simple filtration peut les enlever, mais ce procédé n'agit pas sur les acides.

Il faut dire qu'en général, le matériel exigé pour l'épuration préalable des eaux d'alimentation exige d'assez grandes dépenses d'installation et d'entretien, ainsi qu'une surveillance, ce qui fournit matière à objections ; aussi la pratique préfère souvent traiter l'eau une fois entrée dans la chaudière par des moyens mécaniques ou par des agents chimiques. La meilleure preuve de l'importance de la question est dans le nombre des procédés qui ont été proposés ou essayés. M. Constantine dit que, s'il avait voulu citer seulement un dixième de ces procédés (efficaces ou non), son Mémoire aurait dépassé toute limite raisonnable. Il suffit de dire que quelques-uns ont donné de bons résultats, mais que la plus grande partie ne sont pas sérieux. Si les propriétaires de chaudières voulaient bien réfléchir un peu sur la question et se rendre compte de la nature de leurs eaux, ils ne se laisseraient pas si facilement tromper par des inventeurs de désincrustants.

M. Constantine est d'avis qu'on doit éviter absolument de vider les chaudières sous pression. Le mieux est de jeter le feu, de laisser la pression tomber à 1 *kg* environ et d'attendre que les autels et les maçonneries des fourneaux soient suffisamment refroidis pour vider la chaudière. De la sorte, les dépôts restent sans consistance et peuvent être enlevés à la brosse ou au lavage, tandis que, si on vide la chaudière pendant que les maçonneries et les tôles sont encore à une température élevée, les dépôts se cuisent pour ainsi dire et deviennent très durs. On a constaté que l'action galvanique exercée par le zinc en contact avec les tôles des chaudières est un très bon remède contre la corrosion. Ce procédé est très employé, paraît-il, en Amérique ; il paraît surtout approprié aux chaudières marines.

Il est utile d'indiquer quelques essais pour reconnaître la qualité des eaux d'alimentation.

1° Pour le carbonate de chaux, on ajoute à l'eau de 5 à 10 gouttes

…xalate d'ammoniaque ; un nuage laiteux se produit rapidement et à la …gue il se fait un dépôt au fond du vase.

2° Pour le sulfate de chaux ou l'acide sulfurique, on ajoute quelques …ettes d'azotate de baryte ou de chlorure de baryum. Il se produit un précipité blanc de sulfate de baryte.

3° Pour reconnaître la présence de matières organiques en décomposition, on ajoute une goutte de dissolution de permanganate de potasse, …i donne d'abord une coloration rose-violet, laquelle disparaît plus ou moins vite s'il y a des matières en dissolution.

4° Pour constater la présence du fer, on ajoute quelques gouttes de …lution de prussiate de potasse ; on obtient alors une coloration bleue caractéristique de la présence du fer.

L'auteur recommande particulièrement aux propriétaires de chaudières de faire faire l'analyse qualitative de leurs eaux, opération peu …teuse et qui leur permettra de combattre le mal en connaissance de cause. Il leur faut se défier des compositions qui doivent servir de panacées, parce qu'il n'y a pas de substance qui puisse agir sur toutes les eaux, quelles que soient leur composition et les matières qui s'y trouvent contenues. Il est bon d'avoir recours aux Sociétés d'inspection, car, quelque habile et intelligent que puisse être un ingénieur ou un directeur d'usine, il ne peut avoir la même compétence dans cette question qu'une personne qui en fait l'objet continuel de ses études et qui en a par conséquent acquis une expérience toute spéciale.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. Constantine, a été rapporté un grand nombre de faits intéressants. A Manchester, …les eaux de la ville sont très mauvaises, on se trouve bien de l'addition de sel de soude. La pratique de nettoyer les chaudières manuellement a donné de bons résultats. Un Membre cite une Société qui, en faisant nettoyer ses chaudières une fois par semaine, arrive à économiser 100 t de charbon par semaine (?). Les eaux des villes présentent de grandes différences de composition entre elles. A Dublin et à Cork, les chaudières éprouvent très peu de corrosion en marche continue ; mais, si on ne les fait travailler que par intermittence, elles s'attaquent rapidement.

Une excellente pratique, empruntée à la marine, est de sécher les chaudières à l'intérieur, lorsqu'on ne s'en sert pas. L'emploi de la soude en excès est dangereux pour les générateurs ; il faut se défier beaucoup des désincrustants.

On doit conseiller vivement l'emploi de chaudières de rechange, permettant le nettoyage périodique ; c'est une pratique économique, en fin de compte.

Le fer au bois a une résistance spéciale à la corrosion ; on en cite des exemples remarquables où des chaudières faites avec cette qualité de fer ont pu employer sans aucune altération, pendant un laps de vingt-cinq ans de service, des eaux réputées très corrosives.

Tramways à vapeur en Italie. — Les comptes rendus de la … assemblée générale (Milan, août 1889) de l'Union Internationale permanente des Tramways contiennent un rapport de M. Bianchi,

président de l'Association italienne de Tramways, sur les conditions caractéristiques requises pour l'établissement et l'exploitation utile d'un tramway à vapeur, rapport des plus intéressants en ce que cette partie très importante de la question ne figure généralement pas dans les publications qui s'occupent de l'établissement et de l'exploitation des tramways à vapeur.

Les éléments qui concourent à donner une idée exacte des conditions requises pour un tramway projeté peuvent se classer, suivant leur nature, en topographiques, statistiques, techniques et financiers.

Voici les conclusions du travail de M. Bianchi :

Pour l'établissement utile d'un tramway, l'on peut considérer, au moins en Italie, les critériums et conditions fondamentales suivants :

1° On n'établira pas un tramway, lorsque la population renfermée dans la zone à desservir, c'est-à-dire 4 à 5 *km* latéralement à la ligne, est inférieure à 100 habitants par kilomètre carré.

2° On adoptera un tracé qui suive, pour le plus long parcours possible, une route nationale ou provinciale n'exigeant que peu de modifications d'une importance limitée.

3° Le susdit tracé, au moins dans sa plus grande longueur, se trouvera à 4 ou 5 *km* au moins d'un chemin de fer ordinaire ou d'un cours d'eau navigable.

4° Il ne sera adopté aucune courbe d'un rayon inférieur à 50 *m*, admettant seulement des courbes de moindre rayon dans des cas tout à fait exceptionnels et dans les agglomérations. Les rampes ne dépasseront pas 2 0/0.

5° La partie de route à occuper sera séparée de la partie restante, soit par une file de bornes, soit par son rehaussement.

6° Dans les villes, villages et hameaux, la voie sera placée de façon à conserver un espace libre de 1 *m* au moins entre elle et les maisons.

7° En général, l'armement de la voie sera fait en rails Vignoles de 18 *kg* le mètre courant et à l'écartement de 1,445 *m*.

8° Des stations avec bâtiments seront établies aux têtes de ligne seulement, et leur importance sera proportionnelle à la longueur de la ligne et au mouvement probable qu'on en attend.

9° Les locomotives seront du poids minimum de 10 *t*, et leur nombre sera également proportionnel à la longueur de la ligne.

10° Les voitures et wagons seront d'un type uniforme et leur nombre proportionnel.

11° Les garages seront fréquents, répartis selon les besoins du service et spécialement dans les points d'arrêt des trains, et leur longueur devra permettre d'y garer deux trains.

12° Une des stations sera pourvue d'un atelier pour les réparations du matériel de traction et de transport.

13° Le personnel de l'administration et de l'exploitation sera limité au strict nécessaire, de façon que la dépense ne dépasse pas 25 0/0 des recettes probables.

14° On aura une brigade spéciale d'ouvriers pour l'entretien permanent de la voie.

15° Le nombre des cantonniers ou ouvriers employés à la surveillance

[illegible] entretien courant de la voie sera fixé en raison de la longueur de [illegible] ligne.

16° On adoptera pour le transport des marchandises les tarifs les plus [illegible] à enlever ces transports au charroi ordinaire.

17° Les tarifs voyageurs ne devront pas être inférieurs à :

0,08 *f* par kilomètre en 1re classe.
0,04 *f* — 2e

La diversité des conditions et la variété du coût d'établissement des [illegible] de tramways en Italie rendent assez difficile l'évaluation de la [illegible] à laquelle on peut s'attendre pour un cas donné. Voici néanmoins, à titre de renseignement, le coût de quelques lignes de tramways à vapeur de l'Italie du Nord, cités par M. Bianchi :

		Longueur en kilomètres	Coût kilométrique
Ligne de	Mantoue-Ostiglia (matériel roulant non compris)	37,1[illegible]	41 615 *f*
	Mantoue-Asola —	[illegible],03[illegible]	12 [illegible]
—	Mantoue-Viadana —	41,7[illegible]	3[illegible]
	Monza-Barzano	19,301	[illegible]
	Rivarolo-Cuorgnè	10	63 000
—	Milan-Magenta (matériel roulant compris)	23 [illegible]	31 000
	Vittuone-Castano —	1[illegible] [illegible]	
—	Milan-Lodi	[illegible]	34 000
	Milan-Pavie —	3[illegible] [illegible]	37 6[illegible]
	Vercelli-Aramo	1[illegible]	12 [illegible]
—	Vercelli-Trino —	17,900	

L'auteur estime que les tramways à vapeur ont un vaste champ de [illegible] à résulter dans le transport des produits agricoles et des marchandises de toute sorte dont ils peuvent espérer un avenir [illegible] que du seul service des voyageurs qui est soumis à des fluctuations [illegible] rables dépendant quelquefois de circonstances imprévues, tandis que le trafic des marchandises tend à augmenter infailliblement en raison des progrès qui se manifestent dans les rapports commerciaux des [illegible] rurales entre elles et avec les grands centres de population.

Anciennes machines compound pour bateaux. — [illegible] des articles que nous avons publiés dans les Chroniques d'octobre [illegible] décembre 1889 sur l'origine de la machine compound, notre [illegible], M. J. Kraft, l'éminent Ingénieur en chef de la Société John Cockerill, a [illegible] voulu nous communiquer les renseignements suivants, [illegible] dans un récent voyage en Russie.

M. Kraft a vu sur le Volga trois remorqueurs, [illegible], *Hercule* et [illegible], portant des machines compound construites par Roentgen aux [illegible] de Fijenoord (Rotterdam). Les bateaux ont été commandés en 1845 et livrés en 1847. Le soubassement des paliers [illegible] de fonte.

Les cylindres sont [illegible] placés l'un vis-à-vis de l'autre, et en ligne avec

les bielles actionnant la même manivelle; un long tuyau réunit les cylindres opposés et forme réservoir intermédiaire; c'est la disposition représentée sur la figure 10 de la planche 61 des Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, année 1873.

A l'origine, la pression de la vapeur était de 95 livres, 6,7 *kg* par centimètre carré. Les chaudières ont été changées plus tard et on travaille actuellement à 120 livres (8,5 *kg* par centimètre carré).

Le diamètre du petit cylindre est de 30 1/2 pouces, 0,775 *m*.

Le diamètre du grand cylindre est de 60 1/2 pouces, 1,537 *m*.

La course des pistons est de 7 pieds, 2,134 *m*.

La puissance indiquée est dite être de 800 chevaux.

Les cylindres ont des tiroirs à pistons.

Le bâti de la machine est en tôle et cornières.

Les machines ont marché sans réparation depuis leur établissement. il n'y a que les chaudières qui aient été renouvelées.

M. Kraft a trouvé sur le *Sampson* (15 avril 1890) un chef mécanicien originaire des provinces rhénanes, qui conduisait les machines depuis trente ans.

Nos collègues apprécieront, nous n'en doutons pas, l'intérêt de ce renseignement inédit et sauront gré à M. Kraft de l'obligeance avec laquelle il a bien voulu nous en faire part pour la Société des Ingénieurs civils.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1890.

Rapport de M. Lorault sur le **pressoir continu** de M. Gayon.

Ce pressoir comporte cinq cylindres, le premier dit *entraîneur*, le second dit *égrappeur*, le troisième dit *pressureur*. Ce dernier est pressé contre le quatrième cylindre, dit *principal*, par un ressort de voiture commandé par une vis de pression. Un dernier cylindre sert à conduire une toile sans fin qui amène la matière à presser dans l'appareil. Les cylindres sont conjugués par des engrenages. Ce pressoir est heureusement combiné; il faut, toutefois, que l'expérience confirme sa valeur pour les opérations pratiques de la viticulture.

Rapport de M. Ch. Rossigneux sur **le recueil d'éléments des prix de construction** de M. A. Mégnot.

Rapport de M. Armand-Dumaresq sur **le cours de dessin et la méthode d'enseignement des frères Robert.**

MM. Robert, professeurs à l'École de dessin et de modelage des fabricants de bronze, qui est gratuite et compte de 70 à 80 ouvriers de tout âge, ont composé et dessiné, sur des toiles de 1,50 m de hauteur sur 0,50 m de largeur, 71 tableaux où ils ont réuni les types et exemples des différents styles pour en faciliter l'étude. Ces 71 tableaux contiennent environ 2000 figures relatives à l'ornementation. Avant la leçon, les élèves ont une heure pour faire des études d'après ces tableaux; ils en font un résumé écrit accompagné de croquis qu'ils soumettent au professeur. Cette méthode donne les meilleurs résultats pour réaliser l'instruction artistique des ouvriers.

Rapport de M. Ed. Simon sur les **appareils à filer la soie** de M. Léon Camel, construits par les chantiers de la Buire, à Lyon.

On sait que la soie la plus ténue du commerce, la soie grège, se compose de *bouts* accolés et successivement échelonnés. La *jetée* qui, d'ordinaire, s'effectue à la main a pour objet d'ajouter un cocon à ceux en cours de dévidage lorsque les derniers s'épuisent ou que l'un d'eux se [illegible].

Cette opération est très délicate; la méthode de tirage de M. Camel est basée sur l'emploi d'un nouveau jette-bout automatique. Ce jette-bout

est constitué par un tube vertical fixe, muni d'agates pour le guidage du fil qui traverse ce tube, et par un tube concentrique au premier et qui tourne à une vitesse de 12 à 1 500 tours par minute. Ce dernier porte à la partie supérieure une poulie à gorge actionnée par une corde sans fin et au-dessous, au tiers de la hauteur, une lentille munie d'encoches périphériques, régulièrement espacées. Le bord inférieur du même tube est finement dentelé.

Lorsque l'ouvrière doit ajouter au faisceau soyeux un cocon nouveau, elle approche du bord de la lentille le brin additionnel; ce brin est aussitôt saisi par une encoche du disque qui l'entraîne en le doublant. L'extrémité libre contourne le tube au-dessus de la lentille, tandis que la partie la plus rapprochée du cocon décrit une hélice en dessous jusqu'au bord dentelé, d'où elle s'enroule sur le fil animé d'un mouvement ascensionnel d'environ 200 *m* par minute. L'examen au microscope indique que les rattaches faites ainsi ont lieu dans des conditions bien supérieures à celles des rattaches faites à la main, quelle que soit l'habileté des ouvrières.

Sur les **locomobiles militaires à lumière,** par M. P. Lemonnier.

Les locomobiles à lumière employées pour les expéditions militaires se composent essentiellement d'une chaudière, d'un moteur à vapeur et d'une dynamo, le tout monté sur un chariot.

La puissance nécessaire est de 8 à 10 chevaux.

On a surtout employé jusqu'ici des chaudières Field et des moteurs Brotherhood. Mais la locomobile qui fait l'objet de cette note a une chaudière De Dion, Boutan et Trépardoux et un turbo-moteur et dynamo Parsons. Elle ne pèse que 2 000 *kg* et ne consomme que 40 à 45 *kg* de combustible à l'heure, tandis que les machines précédentes pesaient 3 200 *kg* et dépensaient environ le double. Cet avantage considérable est dû aux parties constituantes de l'appareil : le générateur, le moteur et la dynamo.

La chaudière est verticale et comprend un tube central rattaché à une enveloppe annulaire par des tubes rayonnants, le tout contenant l'eau. Le type employé dans les locomobiles dont il s'agit pèse 650 *kg* et contient 100 à 110 *l* d'eau; il vaporise 260 *kg* à l'heure à tirage ordinaire et 440 à tirage forcé pour 6 m^2 de surface de chauffe environ, ce qui donne respectivement 43 et 73 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure; on vaporise donc, à tirage ordinaire, 40 0/0 du poids de la chaudière, résultat excellent, car avec les chaudières Field on n'obtient que 15 0/0 et avec les chaudières multitubulaires 30 0/0 du poids de la chaudière.

A tirage ordinaire, on vaporise 6,40 et, à tirage forcé, 6,60 d'eau pour 1 de charbon.

Cette chaudière se démonte et peut être visitée et nettoyée dans toutes ses parties. C'est une qualité sur laquelle on ne saurait trop insister.

Le moteur est, comme on l'a dit, une turbine à vapeur de Parsons tournant à 8 ou 10 000 tours à la minute, qui pèse 304 *kg*, tandis que le moteur Brotherhood de même puissance pèse 970 *kg*. Nous ne revien-

drons pas sur la description de la turbine qui a été donnée précédemment (voir Comptes rendus de mai 1890, page 668). Notons seulement qu'on aurait constaté, avec le turbo-moteur, une dépense de graissage du tiers seulement de ce qu'elle est avec les petites machines pilons de même puissance.

Rapport de M. Pierron, inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de fabrique, sur les **travaux techniques exécutés sous sa direction** du 1er janvier au 31 décembre 1888.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, à décerner dans les années 1890 à 1896.

Description de **quelques nouvelles formes d'appareils Bessemer** (extrait d'une brochure d'Henry Bessemer).

Il s'agit notamment de l'appareil de Davy, très répandu aux États-Unis, principalement pour le coulage de l'acier dans des moules en terre.

C'est un engin portatif qu'on amène dans l'atelier de moulage et qui peut verser directement dans les moules sans nécessiter de poches de coulée.

Les résultats obtenus sont très satisfaisants et l'installation est beaucoup moins coûteuse qu'avec des fours Martin.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Février 1890

Les ports maritimes de la Hollande, Rotterdam et Amsterdam, par le baron Quinette de Rochemont, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le trafic des ports de Rotterdam et d'Amsterdam avait eu beaucoup à souffrir de la diminution progressive de la profondeur d'eau dans leurs voies d'accès, diminution amenée par les alluvions charriées par le Rhin et la Meuse. Aussi, pour remédier à cette situation, des travaux très considérables ont-ils été entrepris depuis quelques années.

Le port de Rotterdam se trouve sur la nouvelle Meuse, et son accès ne pouvait depuis longtemps être obtenu par les grands navires que par des détours considérables, soit en contournant le Goeree, soit au moyen des chenaux de la Hollande méridionale. Aussi le gouvernement hollandais fit-il construire, de 1827 à 1829, un canal de 10 511 m de lon-

gueur, à travers l'ile de Voorne. Ce canal a des écluses de 70 × 14 *m*, et sa profondeur d'eau sur les seuils est de 5,60 *m*.

On comprend que, avec ces dimensions, cette voie de communication ne tarda pas à devenir insuffisante. En 1857, on commença à étudier sérieusement la question. Le projet adopté fut celui de M. Caland, Ingénieur du Waterstaat qui adoptait le lit du Scheur, en lui donnant un nouveau débouché à la mer à travers les dunes du Hoek van Holland ; deux digues devaient reporter l'entrée en mer aux profondeurs de 7 *m* à haute mer et 5,50 *m* à basse mer.

Ces travaux furent commencés en 1863, et les navires de commerce jaugeant 4 000 *t* purent arriver à Rotterdam par la nouvelle voie en 1875. Toutefois, à cette époque, il se produisit entre les jetées de grands amas de sables et de vases, et la situation devenait critique lorsqu'on décida d'élargir la coupure à travers le Hoek van Holland, qui était insuffisante pour permettre à la marée de se propager librement dans le Scheur. Ces travaux sont encore en cours d'exécution et les résultats sont satisfaisants actuellement. On sera néanmoins obligé de recourir encore d'une manière permanente au dragage pour assurer le maintien des profondeurs nécessaires à la navigation.

Les frais d'entretien annuels de la nouvelle voie d'accès dont nous venons de parler, et dont l'établisssement avait coûté, au 31 décembre 1887, 26 000 000 *f*, peuvent être estimés à 1 042 000 *f* dont 700 000 pour les dragages.

Le port de Rotterdam comprend un mouillage en rivière, des quais et des bassins sur les deux rives du fleuve et un dock flottant pour la visite et la réparation des navires.

Les quais ont 4 249 *m* de développement sur la rive droite et 2 100 *m* sur la rive gauche.

Les bassins de la rive droite ont 29 *ha* de superficie et 10 *km* de longueur de quais; mais sur une partie, la profondeur d'eau est inférieure à 3 *m*.

Sur la rive gauche, se trouvent une coupure faite à travers la partie nord de la presqu'ile de Feijenoord qu'on appelle le Koningshaven et trois bassins, le Binnenhaven, le Spoorweghaven et l'Entrepôthaven. La superficie totale des divers bassins des deux rives est de 51 *ha* environ, avec un développement total de quais de 22 184 *m* dont 8 239 ayant plus de 6 *m* d'eau à leur pied, à basse mer.

Le mémoire décrit les modes de fondation des murs de quais tous établis sur pilotis, dont la longueur ordinairement de 16 *m* a été parfois portée jusqu'à 19, les ponts mobiles, qui sont en grand nombre, la plupart à bascule et beaucoup mus mécaniquement par l'eau ou par des moteurs à gaz, et les appareils de radoub. Ces derniers se composent d'un dock flottant en fer, appartenant à la ville, d'un dock flottant en bois et de plusieurs plans inclinés de faibles dimensions, appartenant à des particuliers. Le dock flottant en fer se compose de deux parties. Nous l'avons précédemment décrit dans notre Chronique d'Octobre 1885, page 512.

Les installations, outillage, hangars, magasins, grues, etc., sont très importantes. On compte notamment 54 appareils de levage, dont 1 de

20, 1 de 25 et 3 de 30 *t*, plus deux élévateurs pour embarquer les charbons amenés par chemin de fer.

Les aménagements actuels sont néanmoins devenus insuffisants et on se préoccupe de leur agrandissement.

L'amélioration des anciens bassins a été décidée ainsi que la construction d'un nouveau bassin, le Rijnhaven, qui aura 750 m de longueur sur une largeur variant de 200 à 450 m et communiquera directement avec la Meuse par un pertuis de 140 m d'ouverture.

Le creusement de ce bassin s'opère actuellement par des dragages. En outre de nouveaux bassins destinés à la navigation intérieure sont en projet entre Rotterdam et Delfshaven, localité qui lui a été annexée récemment. Suivent des renseignements commerciaux et statistiques sur la navigation intérieure et maritime, l'exploitation du port, le trafic, les droits à payer et leur produit, etc.

On sait qu'Amsterdam est situé sur la rive sud de l'Y, lac qui communique avec le Zuiderzee, qui était au commencement du siècle la seule voie par laquelle on pouvait communiquer entre la mer et Amsterdam. Pour obvier aux difficultés de la navigation à travers les basfonds du Zuiderzee, on établit, de 1819 à 1825, le canal de Noord Holland, qui suffit jusqu'en 1860, époque à laquelle on commença la construction du canal direct d'Amsterdam à la mer, canal qui débouche en pleine côte à Ymuiden. Ce débouché est abrité par deux digues ou jetées enracinées sur la côte à 1 180 m de distance et se rapprochant de manière à se trouver à 660 m l'une de l'autre, à 1 200 m du rivage, et à laisser entre leurs musoirs une passe de 260 m. Ces jetées ont chacune 1 550 m de longueur.

Le résultat a été satisfaisant. En fait, à Ymuiden, les atterrissements provoqués par l'établissement des digues ne progressent plus que très lentement.

Le trajet de la mer à Amsterdam s'effectue en quatre heures. Nous renvoyons pour les renseignements généraux concernant le canal d'Amsterdam à la mer du Nord à notre Chronique de Janvier 1890, page 122.

Le port d'Amsterdam comprend un mouillage dans l'Y, des quais et appontements le long de la rive sud de ce lac et des bassins pour les navires de mer et bateaux de navigation intérieure. Les premiers ont un développement de 4 365 m. Les bassins au nombre de neuf ont ensemble 173 *ha* de superficie et 7 865 m de longueur de quais accostables.

Il y a comme à Rotterdam de nombreux ponts de tous types et de toute importance dont les plus considérables sont ceux qui donnent passage au chemin de fer.

Il y a, comme appareils de radoub, quatre formes flottantes en bois de médiocres dimension, quatre docks flottants en fer pouvant être employés séparément ou être réunis et une grande forme flottante de 122 m, plus quelques cales de halage dans les chantiers de construction.

Une particularité à noter à Amsterdam est le rafraîchissement de l'eau dans les canaux, qui s'obtient par une vidange sur 0,20 m de hauteur et un remplissage, opérations qui s'exécutent toutes les nuits. Nous renverrons à ce sujet et pour quelques autres concernant le port d'Amsterdam aux notices publiées dans les bulletins de la Société à l'occasion de la

visite de celle-ci en Hollande en 1883. (Voir Bulletin de 1883, II, page 681, etc.

Les travaux en cours d'exécution ou en projet comprennent un bassin à pétrole, un nouvel entrepôt et un nouvel établissement au notd de l'Y. Les dépenses faites pour l'amélioration du port d'Amsterdam depuis l'ouverture du canal de la mer du Nord s'élèvent à 19 millions de francs, non compris les sommes dépensées pour les chemins de fer et pour l'entrepôt. La note contient des renseignements statistiques et commerciaux analogues à ceux qui ont été donnés pour Rotterdam.

Les communications entre Amsterdam et la Merwede s'effectuent actuellement par des canaux qui ne laissent passer que des bateaux de 7,50 *m* de largeur et 2,10 *m* de tirant d'eau.

On a décidé d'améliorer cette situation par la construction d'un canal de 72 *km* de longueur dont la largeur ne descendra pas au-dessous de 20 *m* au plafond et le tirant d'eau à moins de 3,10 *m*. Ce canal sera divisé en trois biefs, avec des écluses de 140 *m* de longeur et 12 *m* de largeur. On estime à 33 millions de francs les dépenses que nécessitera l'établissement de cette voie de navigation qui est en exécution, mais dont l'achèvement se trouve retardé par des difficultés administratives relatives à la traversée des polders que les associations syndicales refusent d'accorder, sans qu'aucun moyen légal permette jusqu'ici de surmonter leur opposition.

La note décrit les divers ouvrages que comportent ces travaux, entre autres les écluses, les ponts, les siphons, etc. Les dépenses faites au 31 décembre 1887 s'élevaient en chiffre rond à 25 millions de francs dont 21 pour les travaux et 4 pour les expropriations.

Mars 1890

Notice sur M. Onfroy de Breville, par M. de Lagrené, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Mémoire sur la filtration, par M. Clavenad, Directeur des travaux de la ville de Lyon, et M. Bussy, Ingénieur.

La filtration est une opération qui correspond au passage d'un liquide à travers une masse solide quelconque. Son étude est celle du mouvement des liquides dans les espaces capillaires, mouvement qui dépend essentiellement du frottement.

La note comprend l'établissement de formules relatives à la filtration et la vérification expérimentale de ces formules par la comparaison des débits calculés et des débits mesurés. En outre des expériences spéciales faites avec des tubes de dimensions réduites par lesquelles cette vérification a été opérée, l'application a été faite sur les galeries filtrantes de Saint-Clair et sur des puits. L'accord a été trouvé très satisfaisant.

Note sur **Diverses expériences concernant les ciments**, faites au laboratoire du service maritime du Pas-de-Calais, par M. R. Feret, ancien élève de l'École polytechnique, Chef du laboratoire.

Cette note étudie successivement la composition du ciment et les moyens de contrôle des ciments fabriqués, tels que les essais gravimétriques, les essais de prise, de résistance, le contrôle à l'usine, l'étude micrographique des ciments, l'examen des ciments pris, etc., l'influence de la finesse des ciments sur leurs propriétés, les considérations sur le rôle des gros grains.

La conservation du ciment avant son emploi, l'éventation sont également examinées.

L'auteur fait observer que si les diverses expériences décrites dans sa note sont toutes relatives à la qualité intrinsèque du ciment, il y a une autre question, non moins importante, dont il faut tenir compte. Il s'agit des recherches sur l'influence exercée sur les propriétés des ciments par la manière, dont ils ont été employés et fabriqués, ainsi que sur les conditions de milieu imposées aux constructions, recherches tendant à déduire le mode d'emploi du ciment qui convient le mieux aux différents genres de maçonnerie. L'auteur a fait un certain nombre d'expériences dans ce sens, mais ces essais, pour être utilement groupés en un même ensemble, ont besoin d'être répétés dans un grand nombre de cas différents et de recevoir la sanction du temps, facteur d'une importance capitale en matière de composés hydrauliques et auquel on n'a pas encore trouvé le moyen de suppléer.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Sud-Est.

Séance du 2 mars 1890.

Communication de M. Pechiney, sur le **Procédé Weldon-Pechiney pour la production du chlore.**

Ce procédé est appliqué depuis plus de deux ans à l'usine de Salindres. Il repose sur la décomposition à haute température, en présence de l'air, du chlorure de magnésium en vapeur d'eau, acide chlorhydrique et chlore libre. Un tour de main est nécessaire ; l'état pâteux du chlorure de magnésium rendant la décomposition difficile, on le transforme en oxychlorure de magnésium qui reste solide sous l'influence de la chaleur et qui donne les mêmes réactions que le chlorure ; on a comme résidu de la magnésie.

L'opération comporte cinq phases : 1° La formation du chlorure par l'action de l'acide chlorhydrique provenant de la décomposition du sel marin sur la magnésie qui est le résidu de la calcination ; 2° la préparation de l'oxychlorure par l'addition de magnésie au chlorure de ma-

gnésium obtenu par l'opération précédente; 3° le concassage broyage et tamisage de l'oxychlorure; 4° la dessiccation de cet oxychlorure à une température qui ne doit pas dépasser 250 à 300 degrés; cette dessiccation s'opère par un système dans lequel l'oxychlorure est mis en couches de 5 ou 6 *cm* d'épaisseur sur des tablettes superposées portées par des wagonnets qui circulent dans un carneau en sens inverse des gaz chauds; 5° la décomposition de l'oxychlorure qui se fait dans des fours très étroits placés l'un à côté de l'autre dans un même massif; ces fours sont chauffés à la manière des fours de boulanger par des brûleurs à gaz, on les remplit ensuite de la matière à décomposer, et l'air est introduit par des ouvertures ménagées à cet effet. Les gaz et vapeurs qui en sortent traversent un refrigerant puis des condenseurs, et le chlore libre est dirigé vers les appareils où il doit être absorbé.

Le succès de ce procédé tient en grande partie aux ingénieuses dispositions mécaniques qui y ont été appliquées.

Communication de M. Lombard sur **le percement rapide des galeries en rocher.**

Le principe de cette méthode appliquée d'abord au tunnel du col de Cabre (ligne de Die à Veynes), puis aux charbonnages des Bouches-du-Rhône et aux mines de Valdonne, est le suivant :

1° Prépondérance de l'explosif qui doit être aussi puissant que possible et employé en grande quantité ;

2° Disposition régulière des trous de mines tous parallèles à l'axe de la galerie ;

3° Profondeur des trous limitée à 0,75 à 1 *m* ;

4° Percement des trous aussi vite que possible par des perforateurs à main (peu dispendieux) faciles à installer et avec des ouvriers assez forts et assez habiles povr obtenir deux volées par poste ;

5° Sautage simultané des coups de mine et déblayage rapide facilité par le brisement complet de la roche.

Aux mines de Gardanne, pour une galerie de 2 *m* sur 2 *m*, dans un calcaire compact assez dur, on a obtenu un avancement de 15,70 *m* à raison de 4,175 *m* par jour, avec une dépense de dynamite de 4,7 *kg* par mètre, soit 27,75 *f*. Avec un personnel plus habitué, on arriverait facilement à un avancement de 5 *m* par jour.

Aux mines de Bessèges, on a comparé la méthode nouvelle avec l'ancienne par le percement d'une galerie qui a duré trois mois; la conclusion est que, avec la nouvelle méthode, on peut compter marcher 2,6 à 2,5 fois plus vite qu'avec l'ancienne et que le prix de revient est sensiblement le même. Si on tient compte de la nature différente des terrains que l'on peut rencontrer, la conclusion générale peut être formulée comme suit : avec la nouvelle méthode, il est permis d'espérer, dans la majorité des cas, un avancement au moins double de celui qu'on obtiendrait à la main, sans augmentation sensible du prix de revient dans les terrains favorables et avec une majoration de 25 à 50 0/0 dans les roches dures et compactes.

Appareil Cordier servant à déterminer la limite d'élasticité des métaux et à mesurer les allongements sous des charges diverses.

Le principe de cet appareil très ingénieux consiste à monter sur la barrette d'épreuves et isolés de celle-ci par du caoutchouc, des colliers portant des pièces qui sont en contact et qui transmettent un courant électrique agissant sur une sonnerie. Lorsqu'on agit par traction sur l'éprouvette, dès qu'il se produit un allongement, le contact cesse et le courant ne passant plus, la sonnerie s'arrête. Si l'allongement n'est pas permanent, la suppression de la charge rétablit le contact et la sonnerie marche de nouveau; si, au contraire, la limite d'élasticité a été dépassée, le contact ne se reproduit plus. On arrive à constater la limite d'élasticité par une série de charges et de suppressions de charges successives augmentant peu à peu, par kilogramme ou demi-kilogramme à la fois.

Pour mesurer l'allongement élastique ainsi que les allongements sous des charges diverses, il y a une vis qui met en contact les deux parties de l'appareil et qui forme vernier; elle a 1 *mm* de pas et porte une tête divisée de manière à apprécier les vingtièmes de millimètre.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 12 avril 1890.

Communication de M. Rateau sur **les turbines à vapeur.**

A la suite de la turbine Parsons, décrite dans la séance précédente (voir compte rendu de mai 1890, p. 698), est venue la turbine Dow, qui présente des dispositions intéressantes.

La vapeur arrive au centre et agit sur deux roues à palettes, placées une d'un côté, l'autre de l'autre côté et fixées sur le même arbre, mais la vapeur passe du centre à la circonférence en agissant sur une série d'aubes disposées suivant des circonférences et séparées les unes des autres par des séries de couronnes fixes portant également des ailettes. Il y a six rangées concentriques de chaque espèce, c'est-à-dire six couronnes mobiles et six couronnes fixes. Les coussinets ne présentent rien de particulier. La turbine Dow, de 14 *cm* de diamètre, tourne à 300 à 350 tours par seconde et, alimentée par de la vapeur à 8 *kg* de pression, donne 10 chevaux environ, en consommant 22 *kg* de vapeur par cheval et par heure.

M. Rateau présente ensuite quelques considérations générales sur les turbines à vapeur. Au point de vue de la vitesse *maximum* qu'on peut atteindre, si l'on admet la possibilité de faire travailler couramment du métal à 25 *kg* par millimètre carré et si l'on dispose convenablement les

pièces, on doit admettre aussi des vitesses périphériques dépassant **150** *m* par seconde et se rapprochant de **200** *m*. Ce dernier chiffre a été atteint, paraît-il, par M. Parsons, qui a pu faire tourner une de ses turbines à 500 tours par seconde. D'autre part, étant données les limites de résistance du bronze d'aluminium et de l'acier de très bonne qualité, 65 *kg* par millimètre carré, on voit qu'il serait absolument impossible d'atteindre la vitesse périphérique de 300 *m* par seconde sans avoir de ruptures.

Les inconvénients des turbines à vapeur sont : 1° l'échauffement des coussinets qu'on ne peut combattre sans des précautions spéciales, telles qu'une circulation continue de l'huile ; 2° la difficulté de conduire des arbres quelconques, à cause de la vitesse vertigineuse de rotation, à moins de recourir à l'emploi de transmissions retardatrices plus ou moins difficiles à réaliser ; 3° la difficulté d'y appliquer la condensation.

Les avantages sont : 1° la grande puissance sous un faible poids et un faible encombrement ; 2° l'absence de danger de la part des pièces en mouvement qui n'ont qu'un mouvement de rotation continue et sont renfermées ; 3° la régularité parfaite du mouvement de rotation ; 4° les résistances passives insignifiantes ; 5° l'action des parois à peu près nulle, puisque l'écoulement de la vapeur a toujours lieu dans le même sens ; 6° le cycle en apparence plus parfait ; ce dernier point paraît cependant très contestable.

On est amené à se demander s'il vaut mieux utiliser la force de la vapeur sous forme de vitesse ou sous forme de pression. L'auteur se livre à un long calcul appuyé sur les chiffres donnés par Zeuner et trouve qu'il y aurait un léger avantage théorique à faire agir la vapeur par sa vitesse. Sa conclusion est que, si on parvient à disposer et à construire les turbines à vapeur de manière à réduire notablement les pertes de charge et à leur appliquer la condensation, elles entreront pleinement dans la pratique industrielle et remplaceront les machines actuelles, non seulement dans le cas où l'attelage direct est possible, mais encore, probablement, dans d'autres.

A la suite de cette communication, M. Martin fait remarquer qu'on peut employer deux modes d'étagement distincts pour éteindre l'énorme vitesse d'écoulement dont la vapeur est animée : 1° l'étagement des pressions, la vitesse restant la même pour toutes les roues ; 2° l'étagement des vitesses, la pression demeurant uniforme dans tout le système mobile. Il semble que ce second système est plus rationnel et permet d'éviter certaines pertes et de simplifier les appareils. L'expérience seule pourra décider à cet égard.

Extrait des conférences de M. Ledoux sur **l'organisation du travail dans les mines.**

Il s'agit d'une comparaison faite entre les mines de France, d'Angleterre, de Belgique et de Prusse sur divers points, tels que le recrutement des Ingénieurs, les relations des Compagnies avec les ouvriers, les délégués mineurs, les salaires, les libéralités accessoires, etc.

Note de M. Michel sur un ouvrage de M. Delecroix intitulé : **Statistique des houillères en France et en Belgique.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *31 mai 1890.*

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler.

Construction des diagrammes d'indicateur de machines à détente en cylindres multiples, par E. Monch.

Patentes.

Bibliographie. — Ventilation mécanique des mines, par J. von Hauer.

Correspondance. — Géométrie, mécanique et cinématique.

Variétés. — Durée moyenne des patentes d'invention en Allemagne. — Exposition internationale d'électricité à Francfort-sur-le-Mein. — Navigation pendant la nuit dans le canal de Suez. — Installations électriques en Italie. — Chauffage au goudron.

N° 23. — *7 juin 1890.*

Ordre du jour de la trente et unième assemblée générale de l'Association à Halle-sur-Saale.

Notice nécrologique sur Hermann Lamberts.

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler (*suite*).

Idées d'un technicien sur les réformes projetées dans la législation des patentes d'invention, par J. Schutz.

Nettoyage mécanique des tuyaux en fonte de distribution d'eau, à Berlin, par G. Oesler.

Groupe de Hanovre. — Transformation de l'énergie électrique des stations centrales. — État actuel de la question du chauffage par le gaz. — Progrès accomplis dans l'extraction et l'emploi de l'aluminium.

Patentes.

Correspondance. — Accident aux machines du paquebot *City of Paris.*

Variétés. — Écrasement d'un foyer en tôle ondulée. — Essais des matériaux destinés aux chemins de fer. — Chemin de fer pneumatique.

N° 24. — *14 juin 1890.*

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler (*suite*).

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de 1889 à Paris, par G. Rohn (*suite*).

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon (*suite*).

Patentes.

Rapport de la commission des patentes de l'Association des Ingénieurs allemands sur les modifications proposées à la législation du 25 mai 1877 sur les patentes d'invention.

N° 25. — *21 juin 1890.*

Procédé Mannesmann pour le laminage des tubes, par F. Reuleaux.
Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Nouvelles dispositions d'armatures de chaudières.

Patentes.

Bibliographie. — Études sur les moyens de franchir les chutes des canaux, par MM. H. Gruson et L.-A. Barbet.

Variétés. — Laboratoires d'essais d'électricité à Magdebourg.

N° 26. — *28 juin 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par R. Salomon (*suite*).
Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite)*.
La canalisation de la Moselle.

Groupe de Hanovre. — Nouvelles dispositions d'armatures de chaudières *(fin)*.

Groupe de Wurtemberg. — Armes portatives. — Historique de l'éclairage.

Patentes.

Bibliographie. — Étude sur la marche du Bureau impérial des brevets d'invention, par le Dr Hartig. — Recherches expérimentales sur l'électricité, par M. Faraday. — Manuel de la construction des navires en fer, par M. Otto Schlick.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1890.

(Bulletins)

IMPRIMERIE CHAIX ... 20, A PARIS — ...

Fig. 41.

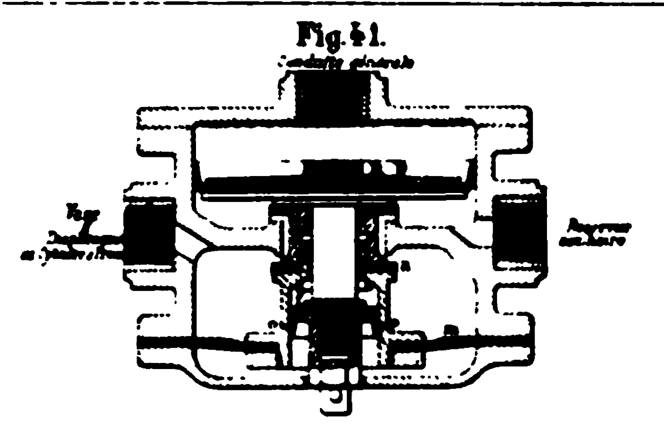


Fig. 42.

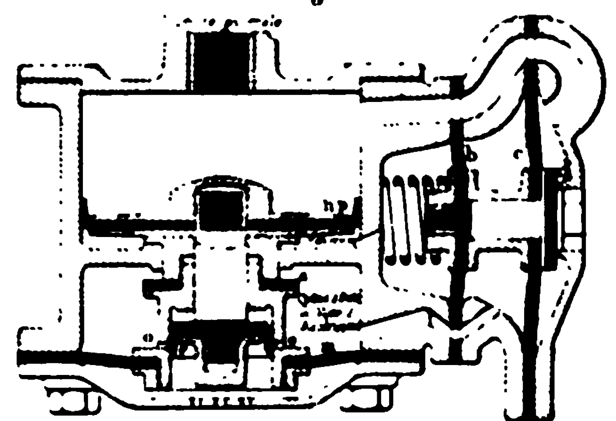
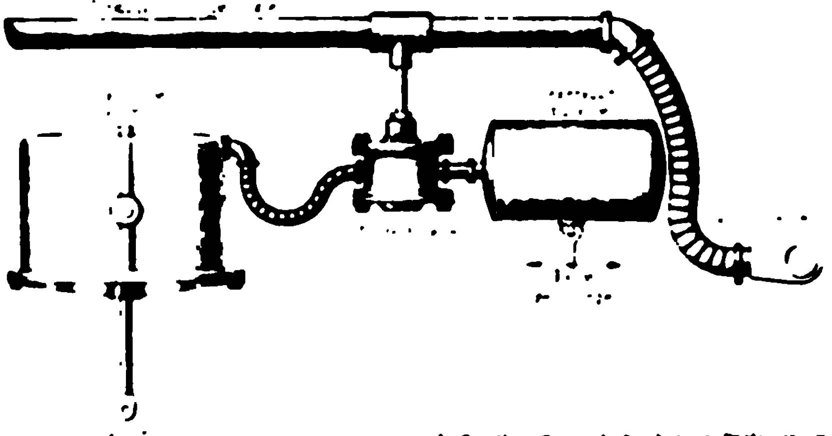


Fig. 43.







Années

1878
1879
1880
1881
1883
1888
1890

4600
2800
2400
1600
1400
1000
800
600
200
0

4000
3800
3400

E

Feldspath triclinique



9. Diopside et Wollastonite



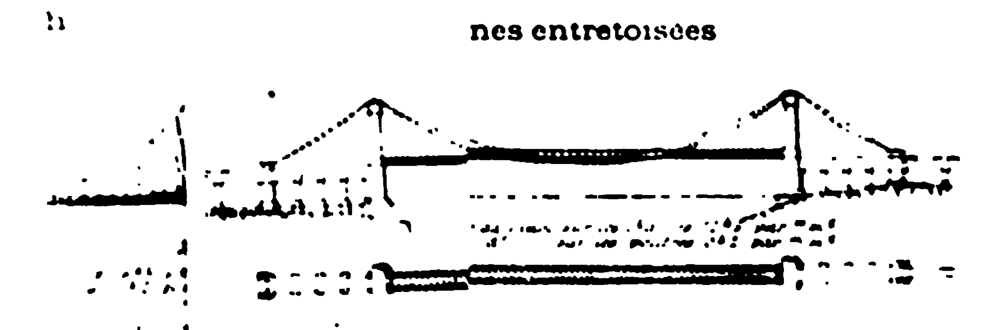
ig 11



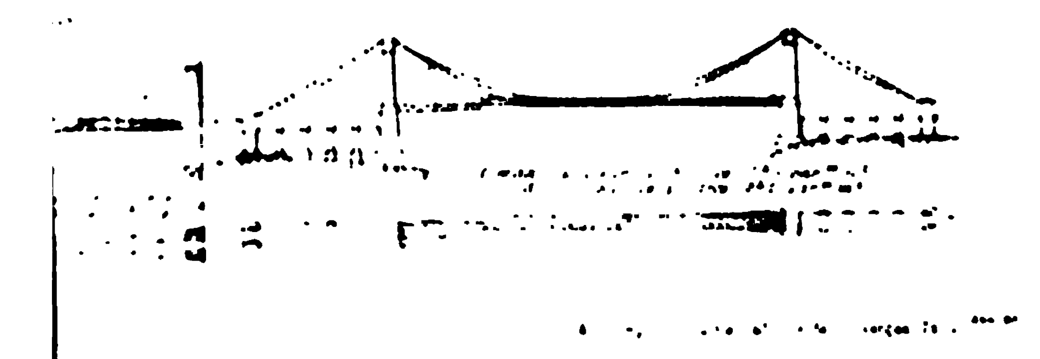
g 13



nes entretoisées



nes entretoisées



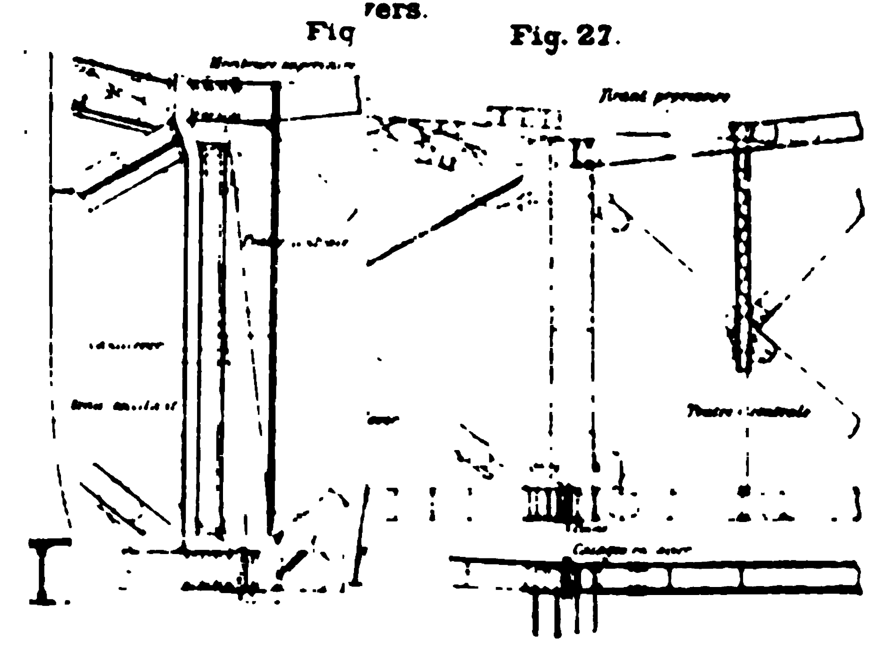
vage

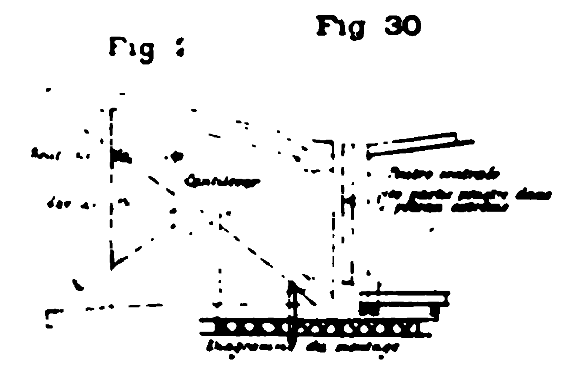
Coupe d

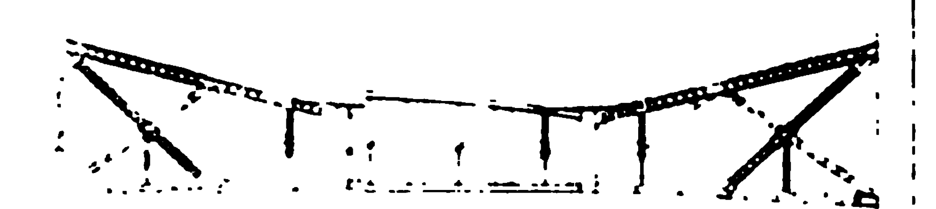
a Incl

Fig 22

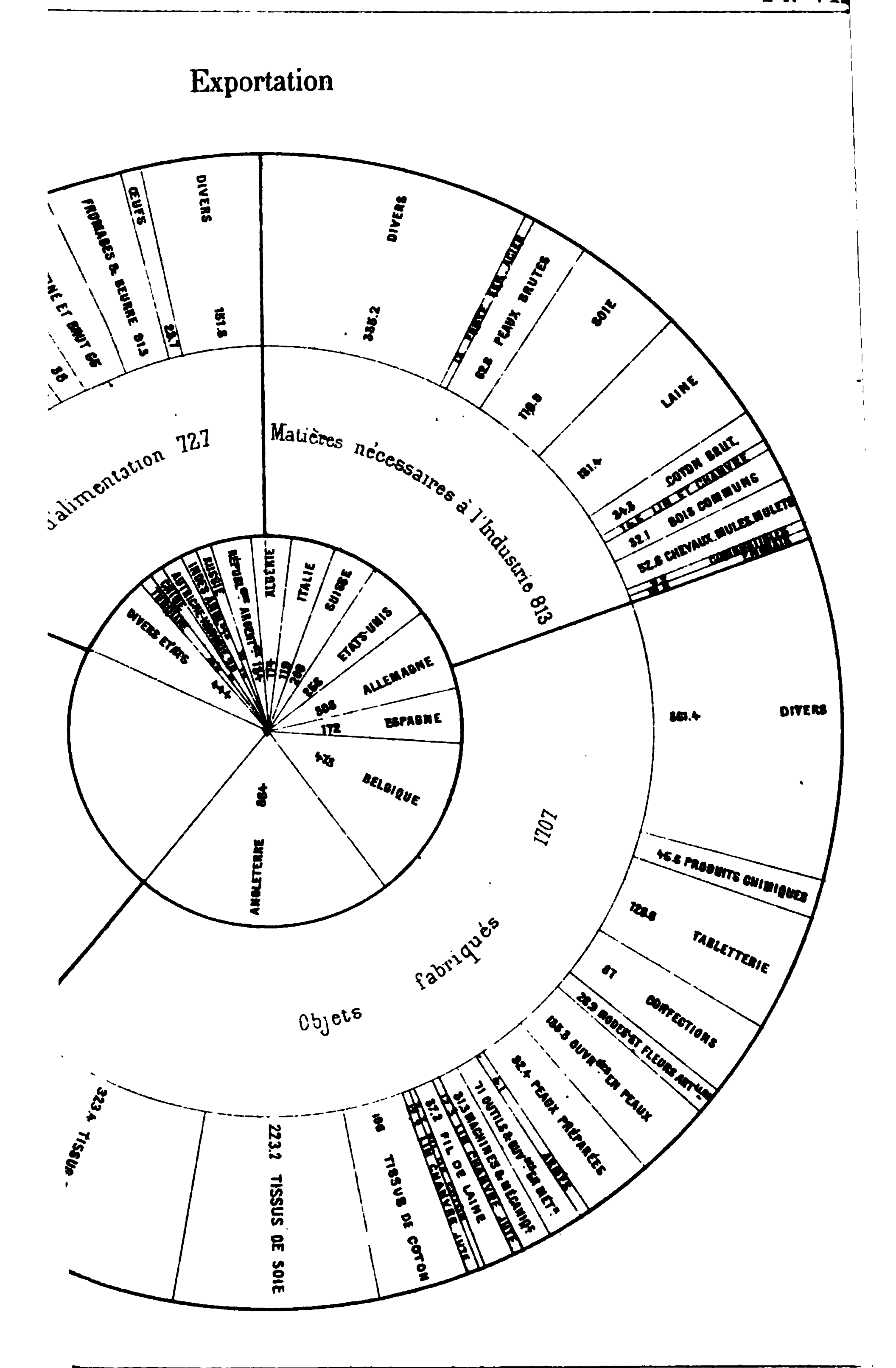

Détails ditives de la poutre centrale
vers.


Fig
Fig. 27.
Poutre centrale

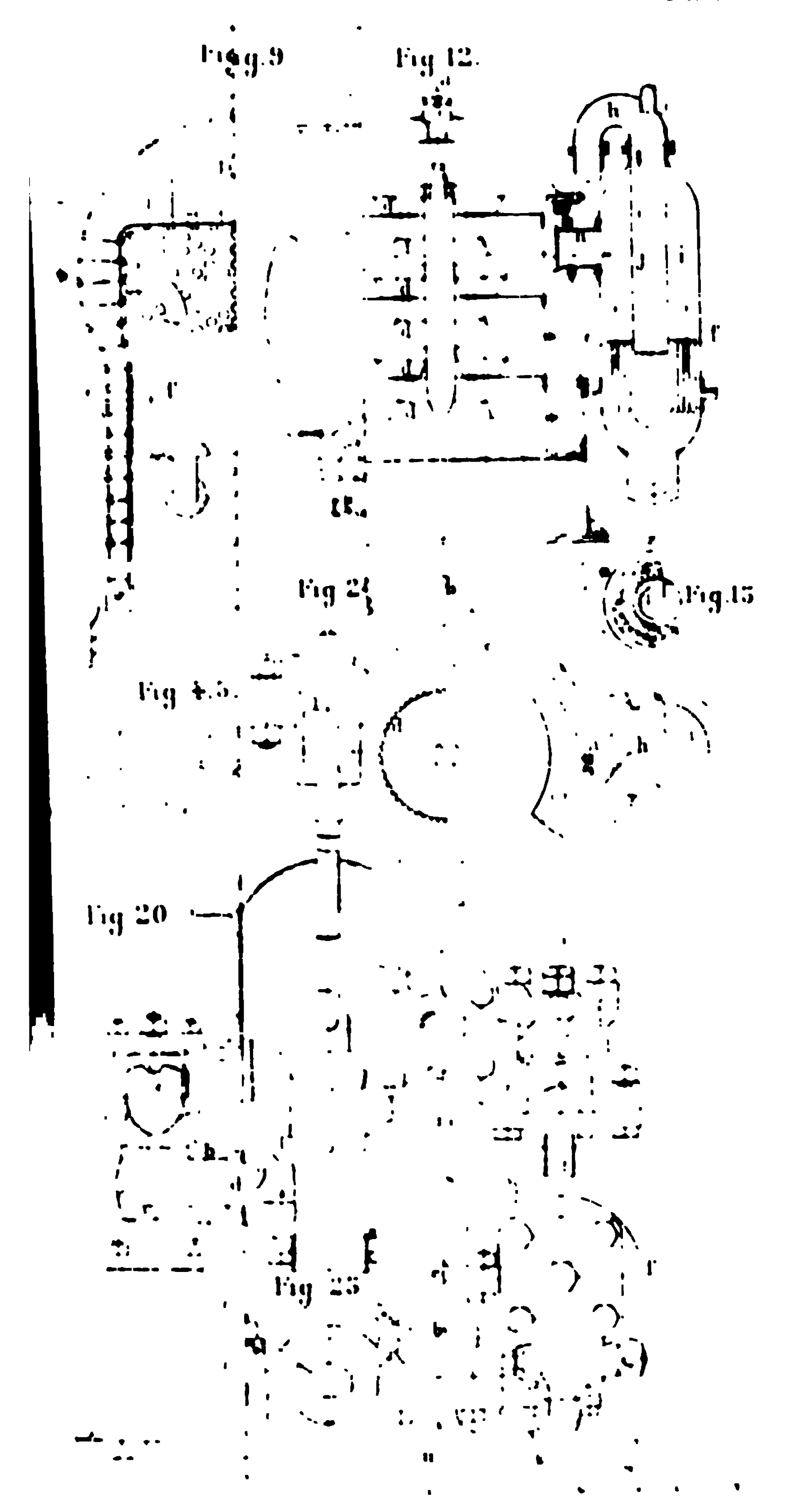

Fig
Fig 30
Poutre centrale

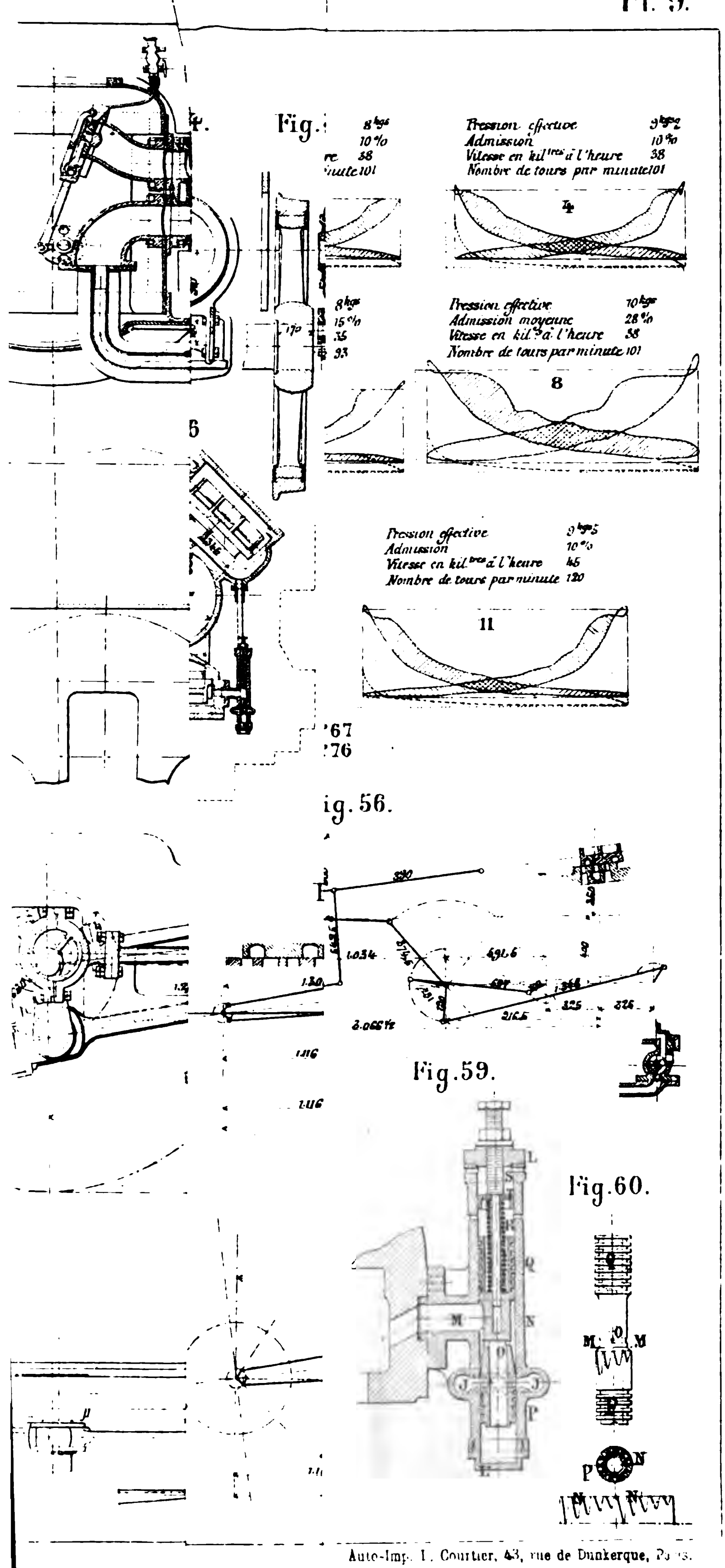


Exportation

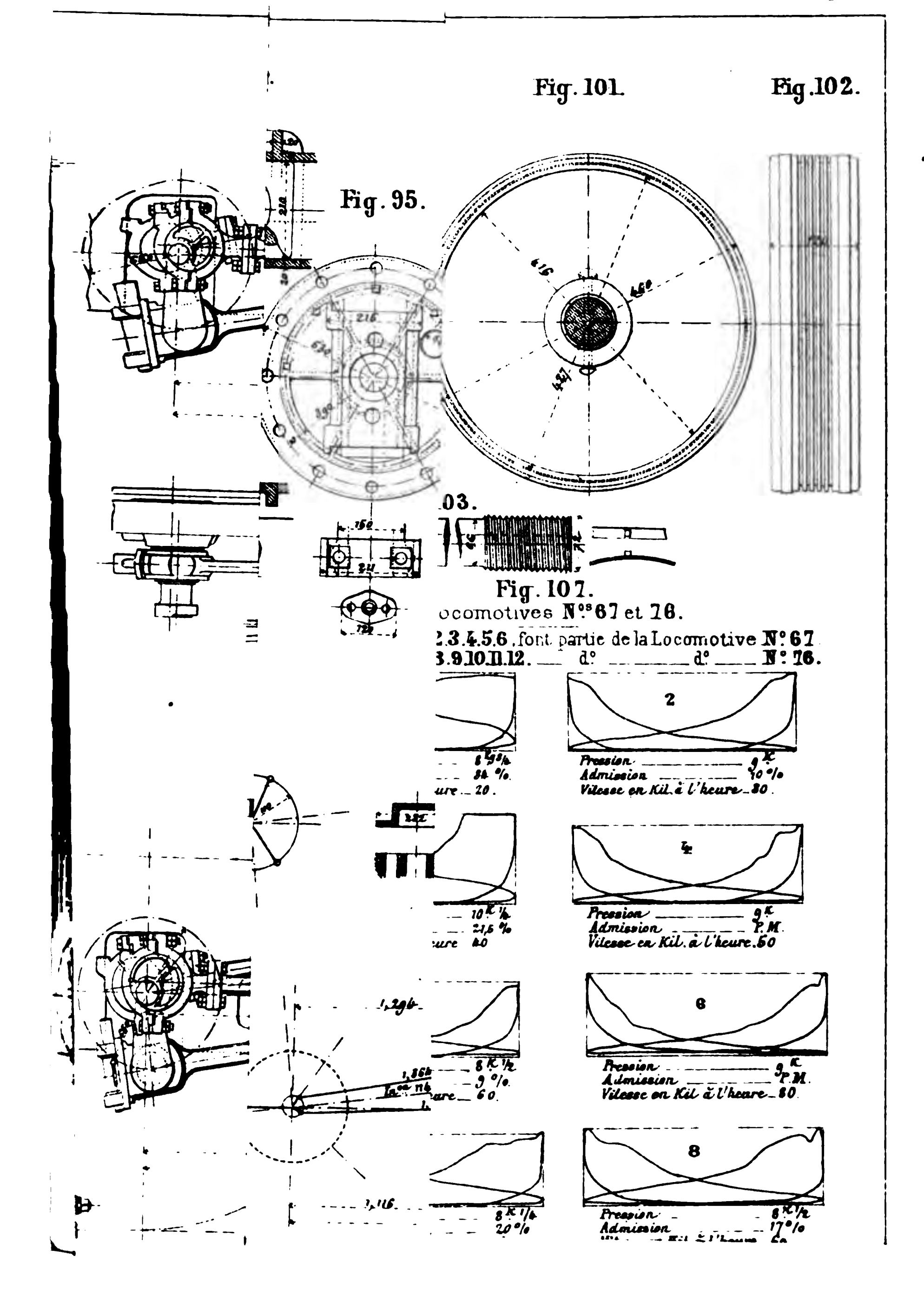


Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

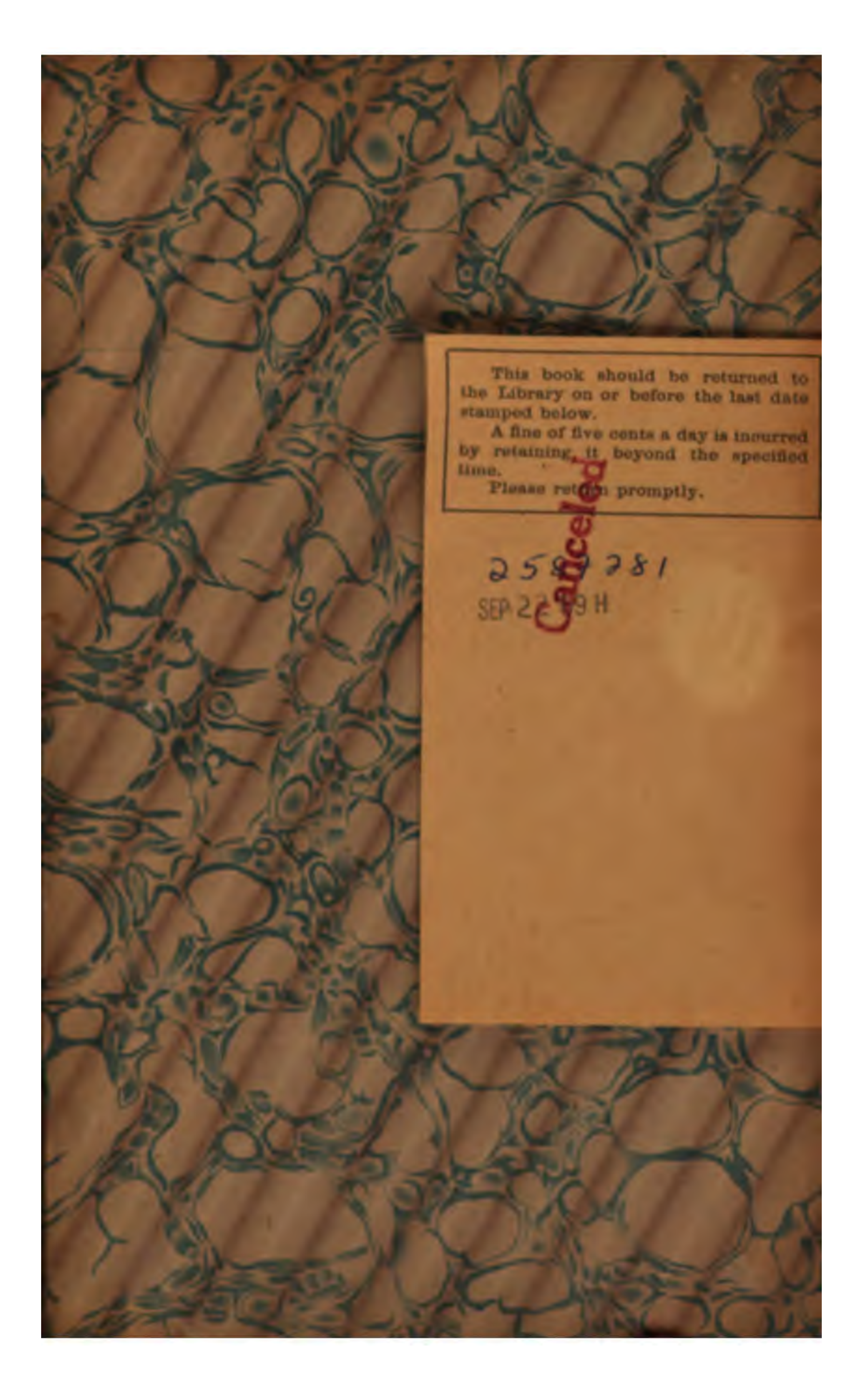

Fig. 9
Fig 12.
Fig 21
Fig 13
Fig 4.5.
Fig 20
Fig 23



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.


Fig. 101.
Fig. 102.
Fig. 95.
.03.
Fig. 107.
ocomotives N.os 67 et 76.
2.3.4.5.6, font partie de la Locomotive N.° 67
3.9.10.11.12. d° d° N.° 76.
2
Pression 9 K
Admission 10 %
Vitesse en Kil. à l'heure 30
6
8
Pression
Admission 17 %




This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.
A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.
Please return promptly.
Canceled
SEP 22

